6/10

Connector-systemen en internationale standaarden

Inhoud

[1] Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

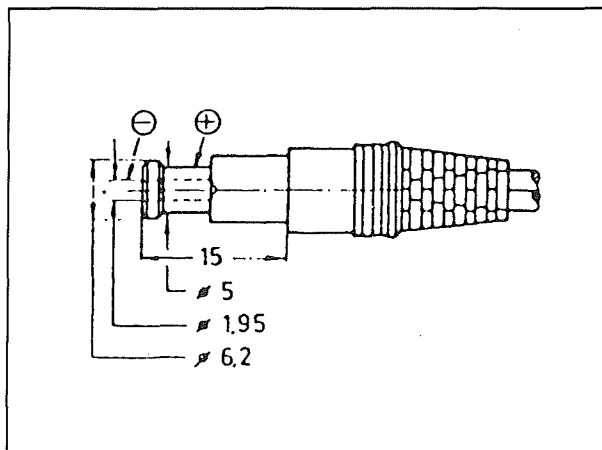
6/10.7

Connector-systemen voor netvoedingen

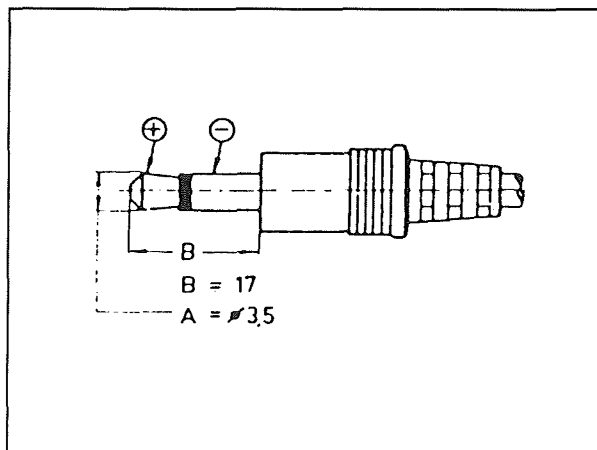
Heel veel elektronische apparaten zijn tegenwoordig zo geminiaturiseerd dat er geen plaats in de behuizing te vinden is voor de omvangrijke nettrafo en afvlakcondensator van de voeding. Deze apparaten worden dan steeds geleverd met een voedingsadapter, die via een voedingskabeltje en een voedingsconnector met de behuizing verbonden wordt. Helaas bestaat er weinig normering op het gebied van deze connectoren. Wel worden in alle gevallen een soort tulpconnectoren toegepast met slechts twee contacten: een voor de min van de voedingsspanning en een voor de plus. Maar, opgelet, afhankelijk van het soort connector wordt het buitenste contact van de tulp gebruikt voor het aanvoeren van de min of van de plus!

In onderstaand overzicht worden negen gestandaardiseerde connectoren getekend, waarmee zeker 95 % van apparatuur met externe netvoeding is uitgerust.

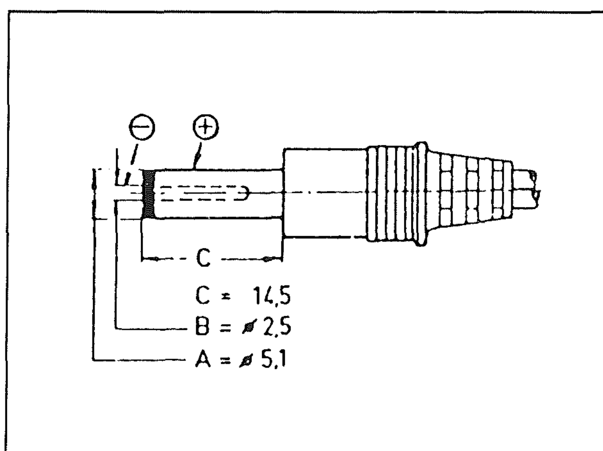
10.7 Connector-systemen voor netvoedingen



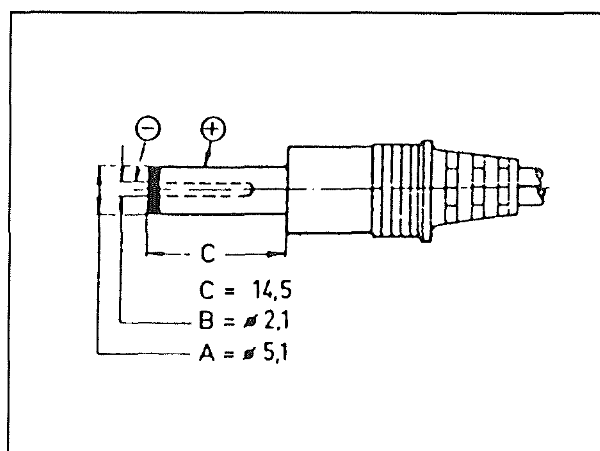
Genormeerde connector N1



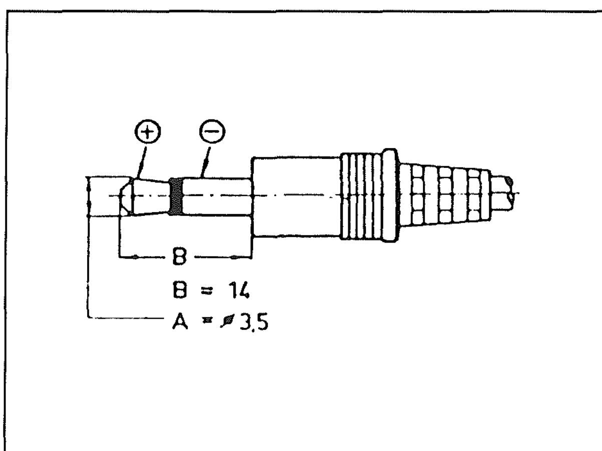
Genormeerde connector N4



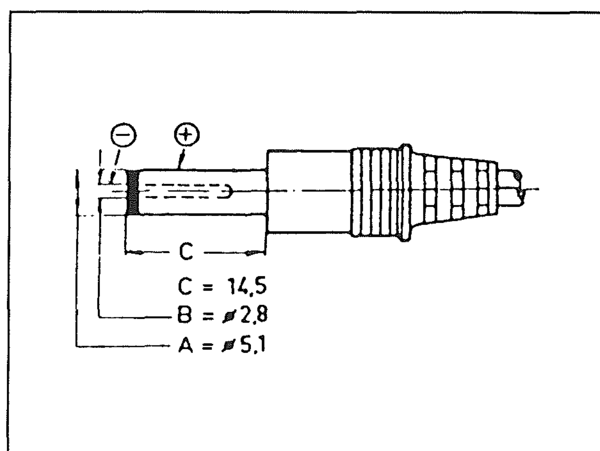
Genormeerde connector N2



Genormeerde connector N13

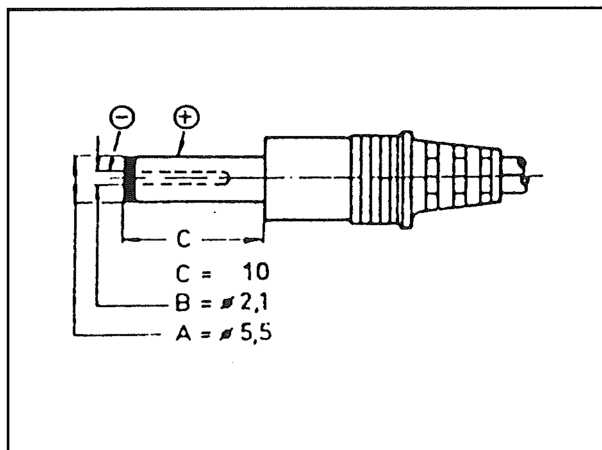


Genormeerde connector N3

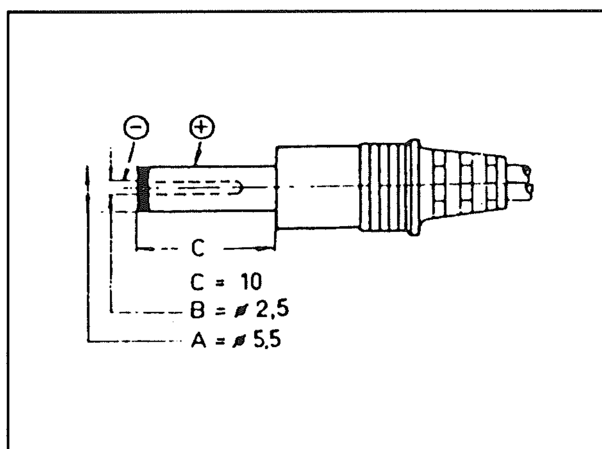


Genormeerde connector N14

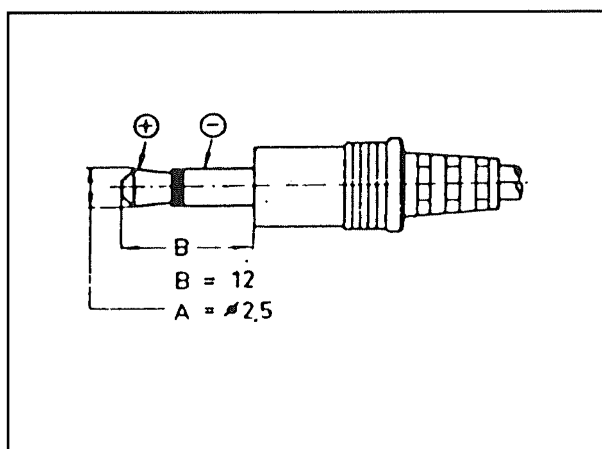
10.7 Connector-systemen voor netvoedingen



Genormeerde connector N15



Genormeerde connector N16



Genormeerde connector N17

10.7 Connector-systemen voor netvoedingen

6/10.9
De DCF-77 tijdcodering

Inleiding

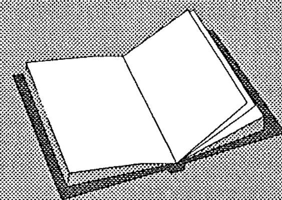
De juiste tijd

Ieder mens schijnt behoefte te hebben aan de juiste tijd. Hoewel moderne kristalgestuurde elektronische horloges zeer nauwkeurig zijn, verdient de PTT een aardige cent aan het 06-nummer, waarmee men de juiste tijd kan opvragen. Niet zo verbazingwekkend, want ons hele leven wordt tegenwoordig beheerst door de tijd. Geldt dit reeds voor het dagelijkse leven, nog veel meer is dit van toepassing op het moderne wetenschappelijk onderzoek. Astronomen koppelen tientallen radiotelescopen, verspreid over de halve aardbol, aan elkaar om diep in het heelal te kunnen doordringen. Om die experimenten te kunnen synchroniseren is het van het grootste belang dat alle deelnemende laboratoria over de juiste tijd beschikken. Als in het dagelijkse leven een nauwkeurigheid van één minuut meer dan genoeg is, dan geldt voor dit soort experimenten dat de tijdprecisie minstens een factor 1.000.000 groter moet zijn.

Eenheid van tijd

De eenheid van tijd is uiteraard de seconde. Dit lijkt voor de hand liggend, maar toch werd deze eenheid eerst in het jaar 1968 officieel wereldwijd gedefinieerd. Dit gebeurde op de "Conférence Générale des Poids et des Mesures" (de internationale conferentie van gewichten en maten), een vergadering die zich bezig houdt met het internationaal standaardiseren van allerlei soorten eenheden. Op die conferentie werd de eenheid van tijd gedefinieerd als ***de tijdsduur van 9.192.631.770 perioden van de straling die wordt uitgezonden als een elektron van het atoom Cesium133 overspringt van het ene naar de andere hyperfijne niveau van de grondtoestand van het atoom.*** Die definitie kan alleen maar begrepen worden als men iets (of heel veel) afweet van de quantummechanica, de wetenschap die het gedrag van atomen probeert te begrijpen. In het kort komt het er op neer dat elektronen die rond de kern van een atoom draaien vaste banen hebben. Iedere baan komt overeen met een bepaalde energie van het elektron. Als een elektron van de ene naar de andere baan overspringt, zal dat elektron ofwel een bepaalde hoeveelheid

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/2.4
Hoofdstuk 3/16



energie moeten opnemen ofwel een bepaalde hoeveelheid energie moeten afstaan. Dat afstaan van energie uit zich onder de vorm van het uitzenden van straling. Zoals ieder stralingsverschijnsel heeft ook die elektronenstraling een bepaalde periode en dus frequentie. De energieën die bij de banen horen zijn uiterst stabiel, misschien zijn dit wel de stabielste parameters van de materie. De frequentie van de uitgezonden straling is dus ook zeer stabiel. Men heeft methoden ontwikkeld om de frequentie van deze straling met een absolute nauwkeurigheid te kunnen meten.

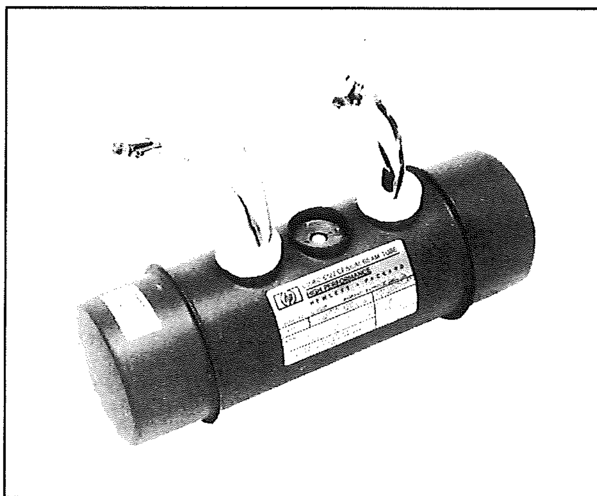
Atoomklokken

Dat meten van die frequentie gebeurt in apparaten, die men in de volksmond atoomklokken noemt. Niet zoiets als kleine wekkertjes, die men op het nachtkastje zet, maar ingewikkelde en zeer dure laboratoriumapparaten, die men officieel "Cesium Beam Standards" noemt. Hewlett-Packard, de grote Amerikaanse fabrikant van elektronische meetapparaten (en ondertussen natuurlijk ook van printers) is een van de bedrijven die dergelijke tijdstandaarden maakt.
In figuur 6/10.9-1 wordt het hart van een dergelijk apparaat voorgesteld, de buis waarin Cesium133 aan het resoneren wordt gebracht en waarin men de elektronenstraling kan omzetten in een wisselspanningssignaal met een uiterst stabiele frequentie van 9.192.631.770 Hz. Via ingewikkelde schakelingen kan men uit dit GHz-signaal een uiterst nauwkeurige referentie van bijvoorbeeld 10 MHz afleiden.

Universele wereldtijd

Met de zeer nauwkeurige frequenties die dergelijke apparaten genereren kan men klokken sturen. Op deze manier is men er in geslaagd niet alleen een internationale standaard af te spreken voor de definitie van de seconde, maar ook een internationale tijd. Deze tijd wordt UTC genoemd, de afkorting van "Universal Time Coördinates". Van deze wereldtijd, die overigens een "aardse" tijd is en geen astronomische, worden alle tijdzônes in de wereld afgeleid.
In West-Europa wordt bijvoorbeeld gewerkt met MEZ en MESZ. Dat zijn de afkortingen van respectievelijk "MittelEuropäische Zeit" en "MitterEuropäische Sommer Zeit". Tussen UTC, MEZ em MESZ bestaan de volgende relaties:

MEZ = UTC + 1 uur
MESZ = UTC + 2 uur



Figuur 6/10.9-1: Een Cesium133-resonator, waaruit de internationale seconde kan worden afgeleid.

Tijdcode zenders

Cesium Beam Standards en de daarvan afgeleide UTC-klokken zijn te duur voor algemeen gebruik.
Vandaar heeft men een eenvoudige oplossing gezocht om de internationale seconde en UTC-standaard goedkoop beschikbaar te stellen. Over de gehele aard-

10.9 De DCF-77 tijdcodering

bol is een netwerk van radiozenders opgericht, die geen muziek of spraak uitstralen, maar alleen een draaggolf. De frequentie van die draaggolf is rechtstreeks afgeleid van een Cesium Beam Standard, zodat die frequentie uiterst nauwkeurig is. Iedereen kan die zenders uit de lucht plukken, de draaggolf versterken, omzetten in een digitaal signaal en door middel van frequentiedelers omzetten in een één seconde puls. Met deze secondenpuls kan men dan natuurlijk een digitale klok sturen. Uit de aard der zaak lopen deze klokken dan zeer nauwkeurig, het enige dat moet gebeuren is de klok één keer precies gelijk zetten met de internationale UTC-standaard.
Dat eenmalig gelijk zetten met de standaard is natuurlijk niet zo eenvoudig. Bovendien is het jammer om de tijdcode zenders niets meer dan een ongemoduleerde draaggolf te laten uitzenden. Vandaar moduleert men deze draaggolf met een bepaalde digitale code, die de officiële UTC-tijd bevat uitgedrukt in minuten, uren, dagen, maanden en jaren. Deze digitale code wordt om de minuut uitgezonden, zodat het in principe mogelijk is klokken om de minuut de synchroniseren met de officiële UTC-tijd.

De DCF-77 zender

Voor Nederland en België moet men afstemmen op de zender DCF-77. Deze zender wordt onderhouden door het Duitse "Physikalisch Technischen Bundenanstalt" (PTB) en staat in het plaatsje Mainflingen, 25 km ten zuidoosten van Frankfurt am Main. De draaggolf heeft een frequentie van 77,5 kHz waarvan de afwijking kleiner is dan $2x10^{-13}$ over een periode van honderd dagen. Dat betekent dus dat deze frequentie over een periode van honderd dagen tot ver in het µHz-bereik gelijk blijft aan de waarde van 77,5 kHz! DCF-77 is dus een typische lange golf zender, die ondanks zijn vrij laag vermogen van 50 kW toch binnen een straal van ongeveer 1.000 km goed te ontvangen is.

Wat kan men er mee doen?

Hobbyïsten kunnen de referentiefrequentie en de tijdcodering op drie manieren gebruiken.

- Frequentiemeters ijken
  De meeste zelfbouw frequentiemeters hebben een kristaloscillator als referentie. Nu is het een groot probleem om deze oscillator te ijken. Men heeft immers geen referentie in huis! Door een klein ontvangertje te bouwen, afgestemd op DCF-77, kan men dit probleem oplossen. Op de uitgang staat natuurlijk de uiterst nauwkeurige frequentie van 77,5 kHz. Men kan deze meten met de digitale frequentiemeter en de trimmer van de tijdbasisoscillator verdraaien tot de meter de juiste frequentie aangeeft.
- Frequentiereferentie maken
  Uit de frequentie van 77,5 kHz kan men door digitale technieken en phase locked loop's toe te passen een frequentie van bijvoorbeeld 10 MHz afleiden. Deze frequentie heeft dan dezelfde nauwkeurigheid als de draaggolf van de zender. Uit de 10 MHz kan men door tiendelers frequenties van 1 MHz, 100 kHz, etc afleiden. Men heeft dan een laboratorium frequentiestandaard, die kan gebruikt worden voor het afregelen van frequentiemeters en oscillatoren.
- Een DCF-77 klok maken
  De DCF-77 zender zendt niet alleen de draaggolf uit, maar ook de digitale UTC-code. Men kan deze code van de draaggolf scheiden en er een zeer

nauwkeurige digitale klok mee bouwen. Helaas is het niet zo eenvoudig de code met "normale" elektronica om te zetten naar signalen die de display's van de klok aansturen.
In de meeste gevallen wordt daarvoor een microprocessor gebruikt, waarvan het besturingssysteem in een EPROM wordt geladen.

Betrouwbaarheid
Het signaal van de DCF-77 zender wordt door tal van instanties gebruikt voor het synchroniseren van hun klokken. Het is dus duidelijk dat al die instanties afhankelijk zijn van een betrouwbare ontvangst van de zender. Als de hoofdzender wordt uitgeschakeld voor onderhoudswerkzaamheden wordt een reservezender ingeschakeld.
Tijdelijke uitval van de zender kan voorkomen door onweer in de buurt. Daar is weinig tegen te doen en het is dus van belang dat iedere klok die door DCF-77 gesynchroniseerd wordt ook beschikt over een eigen tijdbasis, die de klok laat verder lopen als het zendersignaal even weg valt. Als nadien het zendersignaal weer wordt ontvangen kan de klok weer door de microprocessor gelijk gezet worden met de ontvangen tijdcode. Het systeem werkt erg betrouwbaar. In de periode van 1974 tot en met 1978 werden slechts zes zenderuitvallen geconstateerd, die langer dan één uur duurden.

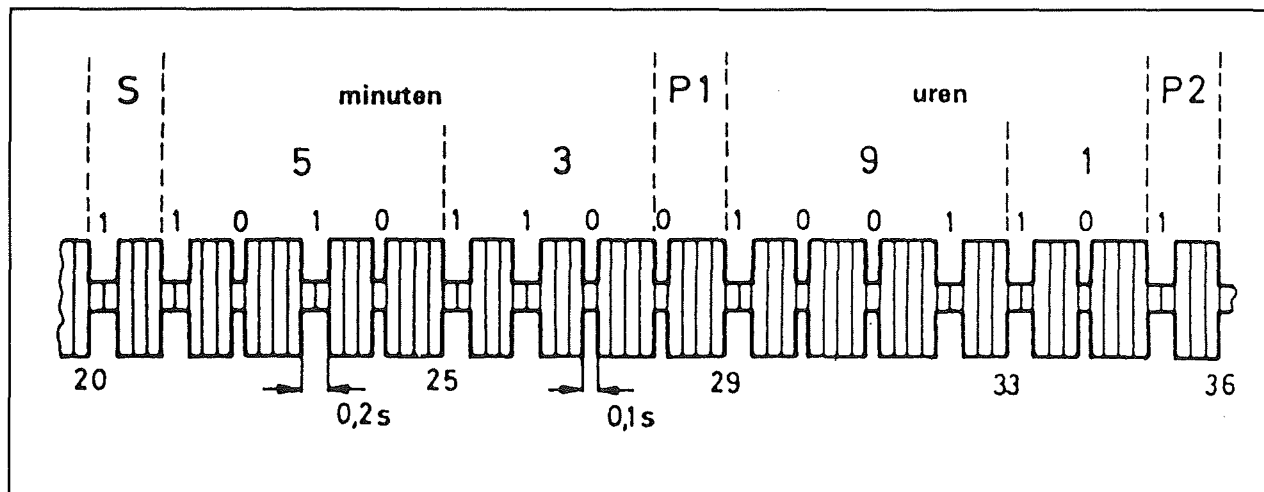
De tijdcode van DCF-77

Modulatie
Per minuut zendt de DCF-77 zender 59 bits uit. Deze bits worden om de seconde op de draaggolf gemoduleerd door het reduceren van de amplitude van de draaggolf tot 25 %. Deze reductie duurt 100 ms als een bit een "L" is en 200 ms als een bit een "H" is. Het begin van de draaggolfreductie komt precies overeen met het begin van een nieuwe seconde in de officiële UTC-tijd.
Het door de zender uitgestraalde signaal ziet er dus uit zoals voorgesteld in figuur 6/10.9-2. De betekenis van de bits S, P1 en P2 wordt later uitgelegd.

De samenstelling van de tijdcode
Van de in totaal 59 bits die per minuut worden uitgezonden, worden er 35 gebruikt voor het coderen van de actuele UTC-tijd en wel volgens onderstaand systeem:
- 7 bits voor de minuten, met een praktisch decimaal bereik van 00 tot en met 59.
- 6 bits voor de uren, met een praktisch decimaal bereik van 00 tot en met 23.
- 6 bits voor de kalenderdag, met een decimaal bereik van 01 tot en met 31.
- 3 bits voor de weekdag, met een praktisch decimaal bereik van 1 tot en met 7, waarbij geldt dat de maandag als eerste dag van de week wordt beschouwd.
- 5 bits voor de maand, met een praktisch decimaal bereik van 01 tot en met 12.
- 8 bits voor het jaar, met een praktisch decimaal bereik van 00 tot en met 99.

Deze codes staan in het BCD-formaat, zodat de bits van laag naar hoog het "gewicht" hebben van 1, 2, 4, 8, 10, 20, 40 en 80. Door het gewicht van de hoge bits bij elkaar op te tellen ontstaat de decimale waarde van een gegeven.
Als de zes uren-bits bijvoorbeeld de codering "L-H-H-L-H-L" hebben, dan komt dit overeen met een decimale tijd van 0+2+4+0+10+0=16 uur.

10.9 De DCF-77 tijdcodering



Figuur 6/10.9-2: Het door de DCF-77 zender uitgestraalde signaal.

kodering naar behoefte
kalenderjaar (8 bits)
kalendermaand (5 bits)
weekdag (3 bits)
kalenderdag (6 bits)
uren (6 +1 bits)
minuten (7 +1 bits)
zie tekst
M
R
A1
Z1
Z2
A2
S
P1
P2
P3
0
10
20
30
40
50
59

Figuur 6/10.9-3: De verdeling van de 59 bits over een hele minuut.

10.9 De DCF-77 tijdcodering

De totale code

Zoals reeds geschreven bevat de totale code 59 bits. Hoe die in de minuut verdeeld zijn volgt uit figuur 6/10.9-3.
De eerste veertien bits worden niet gebruikt voor het coderen van de tijd en kunnen gebruikt worden voor allerlei speciale doeleinden. Nadien volgen zes bits, die ook niet tot de tijdcodering horen, maar wel een speciale betekenis hebben.

- Het R-bit
  Het R-bit geeft met "H" aan dan naar de reservezender is omgeschakeld.
- Het A1-bit
  Dit bit geeft aan dan wordt overgeschakeld van zomertijd naar wintertijd of vice-versa en wel door één uur voor het overschakelen "H" te worden. Let wel dat uiteraard gebruik wordt gemaakt van de Duitse zomer- en wintertijd.
- Het A2-bit
  Dit bit wordt gebruikt om de correctie aan te kondigen, die af en toe noodzakelijk is om de aardse tijd weer synchroon te laten lopen met de astronomische tijd. Men leest wel eens in de kranten dat men beslist heeft een bepaalde dag één seconde langer te laten duren. Deze aanpassing, waaraan ingewikkelde astronomische motieven ten grondslag liggen, wordt met dit bit aangekondigd en wel door dit bit één uur voor de correctie "H" te sturen.
- De Z-bits
  Deze bits geven aan dat de tijdcodering volgens de zomertijd of volgens de wintertijd wordt uitgezonden. De tijdcodering van de DCF-77 zender volgt in basis de UTC-tijd.
  Deze codering is in Midden-Europa niet bruikbaar, de MEZ loopt één uur voor op de UTC, de MESZ zelfs twee uur. Deze twee gegevens worden gecodeerd in de Z-bits, zodat de actuele tijd in Midden-Europa bepaald wordt door de uitdrukking:
  Tijd = UTC + bit 18 + 2.bit 17
- Het S-bit
  Dit bit is het startbit van de BCD-gecodeerde tijdsinformatie en is altijd "H".

Pariteitsbits

Naast de beschreven bits worden nog drie zogenoemde P-bits opgenomen. Deze liggen verspreid over de minuut en zijn pariteitsbits, waarmee de ontvanger de geldigheid van de ontvangen code kan controleren. Deze P-bits nemen de posities 28, 35 en 58 in en worden als volgt gebruikt:

- Het P1-bit
  Dit bit, op positie 28, wordt gebruikt voor het controleren van de geldigheid van het zeven bit lange minutenwoord.
- Het P2-bit
  Dit bit, op positie 35, wordt gebruikt voor het controleren van de geldigheid van het zes bit lange urenwoord.
- Het P3-bit
  Dit laatste pariteitsbit, op positie 58, kan gebruikt worden voor het controleren van de geldigheid van de overige 22 bits, dus voor de geldigheid van de kalenderdag, de weekdag, de maand en het jaar.

Uiteraard is niemand verplicht deze controle uit te voeren. Dat is eigenlijk ook een beetje overbodig, want vergeet niet dat de gegevens om de minuut worden ververst!

Start van een nieuwe minuut

De officiële start van een nieuwe minuut wordt gecodeerd door in de laatste seconde van de vorige minuut geen bit uit te zenden. Tussen bit P3 en het eerste bit van de nieuwe minuut zit dus een langer dan normale pause, waarin de draaggolf op

100 % van zijn amplitude wordt uitgezonden. Dit verschijnsel is tamelijk eenvoudig elektronisch te decoderen, waardoor bijvoorbeeld op een heel simpele manier minutensync's uit het DCF-77 signaal kunnen worden afgeleid.

Morse-code
Driemaal per uur, in de 19e, de 39e en de 59e minuut, wordt twee maal achter elkaar de code "DCT 77" in morse uitgezonden. Elk morsesymbool wordt tussen twee secondencodes uitgezonden, waarbij gebruik wordt gemaakt van een modulatie van de draaggolf met een blokgolf van 250 Hz. De modulatiediepte bedraagt 25 %.

DCF-77 ontvangers

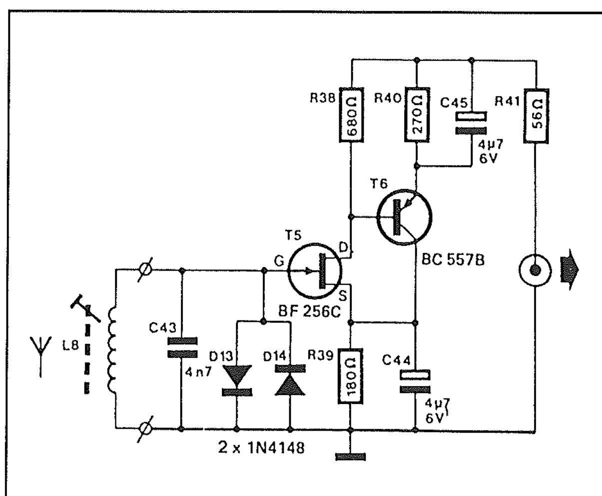
Inleiding
De DCF-77 zender is in Nederland wel goed te ontvangen, maar het ontvangen signaal is zwak. Er moet dus gebruik worden gemaakt van een actieve antenne en nadien een zeer gevoelige ontvanger met modulator. De totale versterking moet minstens 10.000 bedragen.

TV-storingen
Maar er zijn andere problemen! Zoals bekend wekt iedere TV een stoorveld op met een frequentie van 15.625 Hz. Dat is de frequentie waarmee de elektronenstraal over het scherm wordt afgebogen. Het stoorveld ontstaat in de lijntrafo en omdat niet met zuivere sinussen wordt gewerkt, zal dit stoorveld vele harmonische frequenties bevatten. De frequentie van de vijfde harmonische van de lijnpuls is gelijk aan 78.125 Hz. Deze frequentie ligt slechts 625 Hz verwijderd van de draaggolf van de DCF-77 zender! Wil men dus wél de DCF-77 zender ontvangen, maar het signaal niet volledig laten overwoekeren door het stoorveld van een in de buurt spelende TV, dan zal men met een heel erg selectieve versterker moeten werken. Dat wil zeggen dat de bandbreedte van de versterker zo smal moet zijn, dat het signaal van 77,5 kHz goed wordt versterkt, maar dat het TV-stoorsignaal van 78,125 kHz volledig wordt onderdrukt. Als men met een rechtuit ontvanger werkt, moet men dus zeer scherpe afgestemde filters toepassen. Vanwege de lage frequentie komen hiervoor allen kristal- of ceramische filters in aanmerking. Deze zijn echter voor deze frequenties zeer duur en nauwelijks verkrijgbaar. Vandaar dat men in de meeste schakelingen volgens het superheterodyne-principe werkt, waarbij de draaggolf van 77,5 kHz eerst door middel van menging met het signaal van een locale oscillator naar een lage middenfrequentie wordt herleid. Nadien kan men met scherpe en goedkope RC-filters werken.

Belangrijke opmerking
Het zal duidelijk zijn dat het superheterodyne principe alleen bruikbaar is als men de tijdcode uit het signaal wil halen. Wil men het signaal van de DCF-77 zender gebruiken als frequentiestandaard, dan kan men natuurlijk niet gaan mengen met een locale oscillator! De nauwkeurigheid van het middenfrequent signaal is dan volledig afhankelijk van de nauwkeurigheid van de locale oscillator en deze is natuurlijk niet als frequentiestandaard te beschouwen.

Een actieve antenne
Wie alleen geïnteresseerd is in het ontvangen van de referentiefrequentie van 77,5 kHz komt vaak al een heel eind door

niet meer dan een actieve antenne tegen de gevel te schroeven. Door gebruik te maken van een dergelijke antenneversterker kan men als basis vrij kleine ferrietstaven gebruiken. In figuur 6/10.9-4 is als voorbeeld een door Elektuur ontwikkelde actieve antenne getekend. De antennespoel L8 bestaat uit 100 windingen CuL-draad met een diameter van 0,2 mm, vrij gewikkeld op een ferrietstaaf met een lengte van 10 cm en een diameter van 1 cm.



Figuur 6/10.9-4: Een voorbeeld van een actieve antenne, afgestemd op 77,5 kHz.

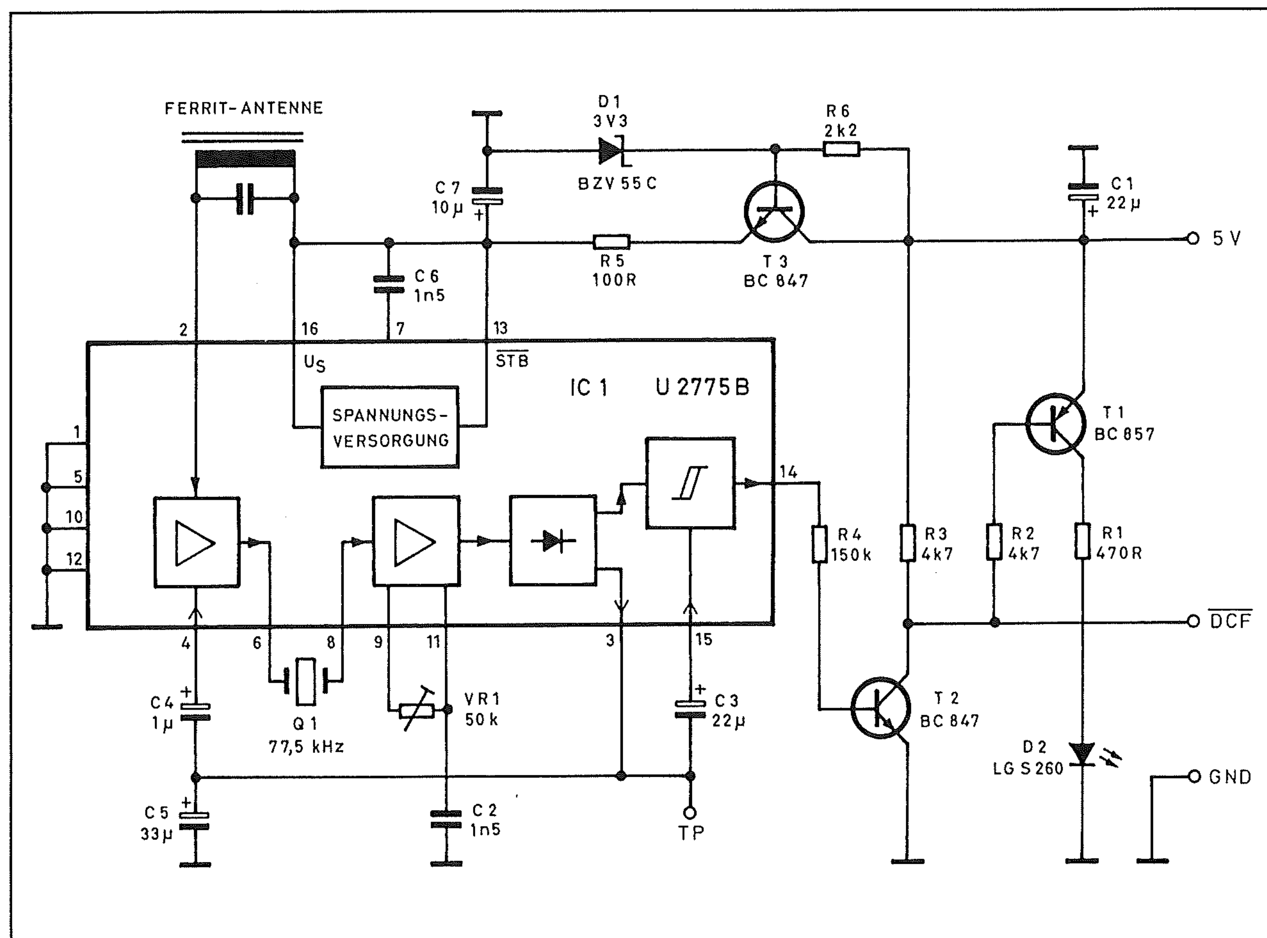
De spoel vormt met de condensator C43 een afgestemde kring waarvan de resonantiefrequentie rond 77,5 kHz ligt. De twee dioden D13 en D14 beschermen de FET T5 tegen te hoge gatespanningen die bijvoorbeeld zouden kunnen ontstaan in de spoel als er een bliksem in de buurt inslaat. De FET T5 versterkt het gatesignaal ongeveer twintig keer. Het signaal wordt nadien laagimpedant uitgekoppeld door de transistor T6. De schakeling kan gevoed worden uit een spanning van +12 V, waarbij deze spanning via de coaxkabel die de actieve antenne met het laboratorium verbindt toegevoerd kan worden. De elektronica moet bij de ferrietstaaf worden gemonteerd. Het geheel kan bijvoorbeeld worden ondergebracht in een waterdichte kunststof behuizing en tegen de gevel van een huis bevestigd. Hoe hoger, hoe beter!

Eenvoudige rechtuit ontvanger

In figuur 6/10.9-5 is een eenvoudige rechtuit ontvanger getekend met geïntegreerde versterker en ceramisch filter. In principe kan gebruik gemaakt worden van dezelfde ferrietantenne als in figuur 6/10.9-4 beschreven is.

Het signaal van de ferrietspoel gaat naar de ingang (pen 2) van de eerste versterker van het IC. De uitgang van deze trap (pen 6) wordt via het kwartsfilter aangeboden aan de ingang (pen 8) van de tweede versterker. Deze versterker wordt via een extern RC-netwerkje ingesteld. Het uitgangssignaal wordt gelijkgericht. Het gelijkgerichte uitgangssignaal stuurt een Schmitt-trigger maar via pen 3 ook de automatische versterkingsregeling van de eerste trap. Het gelijkgerichte signaal laadt de condensator C5 op. De gelijkspanning over dit onderdeel is afhankelijk van de grootte van het antennesignaal. Via de condensator C4 wordt de versterking van de eerste trap zo geregeld dat zwakke signalen maximaal worden versterkt en sterke signalen minimaal. Op deze manier wordt voorkomen dat de versterkertrappen overstuurd worden. Via de condensator C3 wordt de drempel van de Schmitt-trigger aangepast aan de signaalsterkte. Het uitgangssignaal van het IC wordt via de transistor T2 omgezet in een TTL-compatibel signaal. Op de uitgang $\overline{DCF}$ staat een signaal ter beschikking dat TTL-pulsen levert met een breedte van 70 ms ("L") of 170 ms ("H").

10.9 De DCF-77 tijdcodering

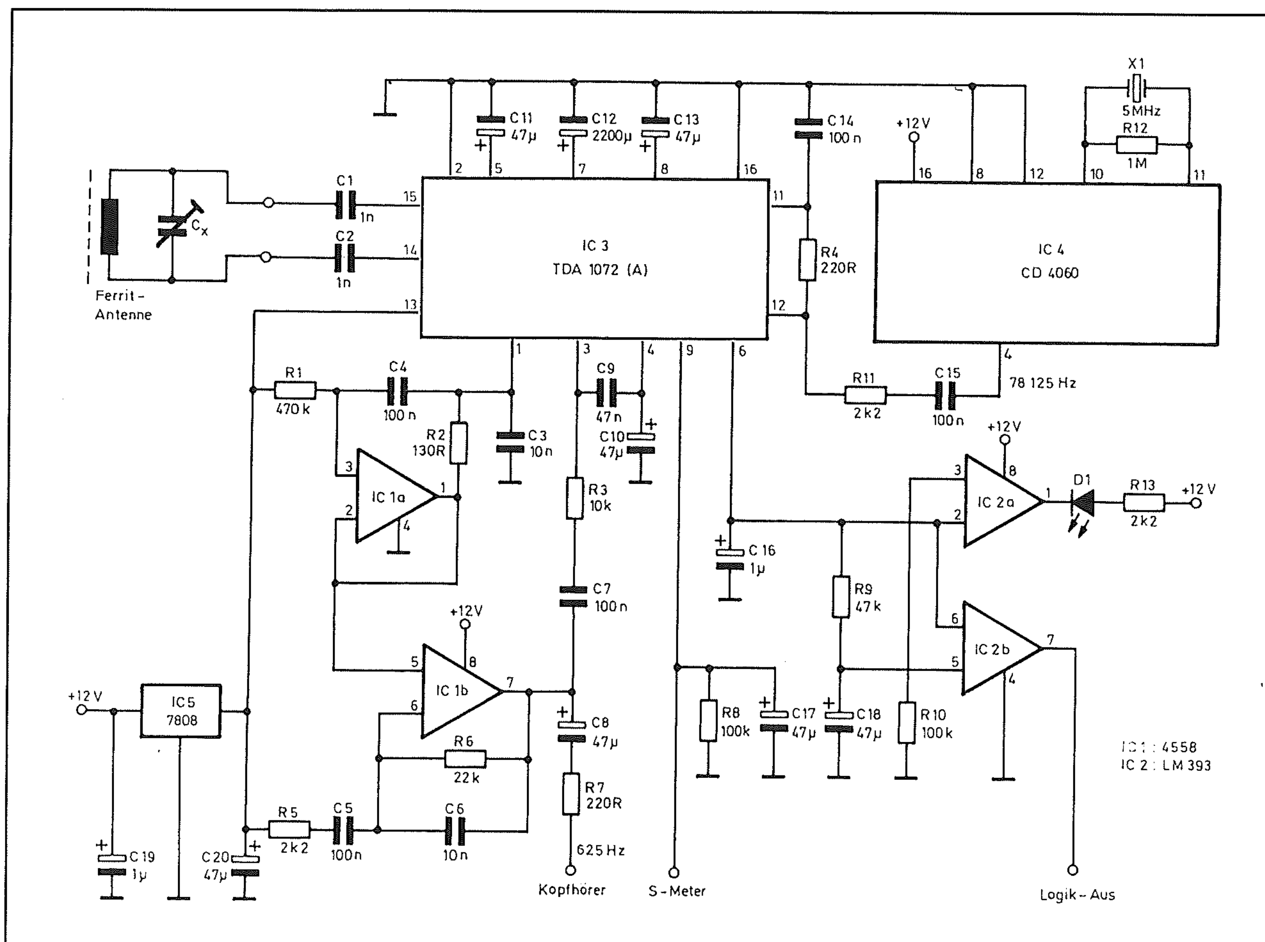


Figuur 6/10.9-5: Een eenvoudige rechtuit ontvanger met de geïntegreerde schakeling U2775B van Telefunken.

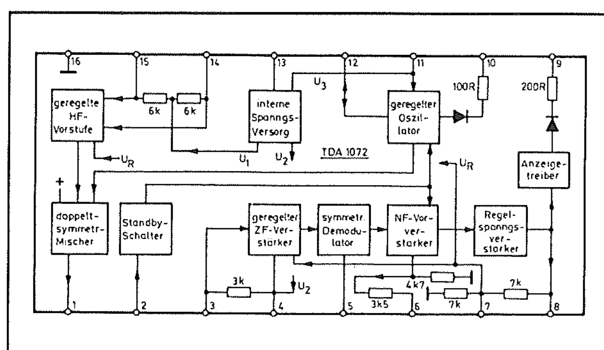
De LED D2 knippert met een frequentie van een seconde als het DCF-77 signaal goed wordt ontvangen. De schakeling kan het best ook tegen de gevel van een huis worden gemonteerd waarbij de ferrietstaaf, als het even kan, in de richting van Frankfurt wordt geplaatst. Als de voedingsspanning is aangesloten en de LED gaat knipperen weet men dat de schakeling goed werkt. De instelpotentiometer VR1 wordt nu afgeregeld totdat men op het testpunt TP een gelijkspanning van ongeveer 0,7 V meet.

Een heterodyne ontvanger
Zoals reeds geschreven in de inleiding, is het heterodyne principe vanwege zijn storingsongevoeligheid veruit te prefereren. In figuur 6/10.9-6 wordt een eenvoudige schakeling gegeven, die volgens dit principe werkt. Hart van de schakeling is IC3, een TDA1072.
Dit IC bevat alle blokken die noodzakelijk zijn voor het opbouwen van een superheterodyne AM-ontvanger. Het intern blokschema van dit IC is getekend in figuur 6/10.9-7.

10.9 De DCF-77 tijdcodering



Figuur 6/10.9-6: Een schema van een eenvoudige superheterodyne ontvanger, naar een ontwerp uit Elrad.



Figuur 6/10.9-7: Intern blokschema van de TDA1072.

Tussen de pennen 14 en 15 wordt het antennesignaal aangesloten, tussen de pennen 11 en 12 het signaal van de locale oscillator. Het gemengde signaal staat ter beschikking op pen 1. Pen 3 is de ingang van de middenfrequent versterker. Deze is intern rechtstreeks doorgekoppeld met de demodulator en een laagfrequent versterker. Het signaal kan via pen 6 afgenomen worden. De demodulator levert uiteraard ook nu een signaal voor de automatische versterkingsregeling. Het stuursignaal voor deze regeling moet via een condensator op pen 4 ontkoppeld worden naar de massa.

Ook nu is de basis een afgestemde ferrietstaaf. De spoel en de condensator Cx moeten afgestemd staan op 77,5 kHz, zodat men ook hier weer de onderdelen van figuur 6/10.9-4 kan toepassen. Het signaal wordt capacitief door middel van de

10.9 De DCF-77 tijdcodering

scheidingscondensatoren C1 en C2 aan de hoogfrequent versterker van het IC aangeboden. Deze condensatoren zorgen bovendien voor een effectieve verzwakking van laagfrequente stoorsignalen, die bijvoorbeeld door TL-buizen worden gegenereerd. De frequentie van de locale oscillator wordt afgeleid van een kristaloscillator van 5 MHz. Hiervoor wordt een CD4060 gebruikt, een IC dat bestaat uit een oscillator en een groot aantal binaire frequentiedelers. Op pen 4 staat een signaal met een frequentie van 78,125 kHz (5 MHz gedeeld door 64) ter beschikking. Dit signaal wordt gebruikt als locale oscillator en via de pennen 11 en 12 aan het IC aangeboden. De condensatoren C14 en C15 en de weerstanden R4 en R11 zorgen voor het omzetten van de CMOS-compatibele uitgangsspanning van de CD4060 naar een klein sinusvormig signaaltje. De twee signalen worden in de TDA1072 gemengd. Zoals bekend ontstaan bij dit mengen verschillende signalen, waarvan er eentje, het verschilsignaal, belangrijk is. De frequentie van dit signaal is gelijk aan het verschil van de frequenties van beide te mengen signalen. Dit geeft dus een signaaltje met als frequentie 625 Hz.
Een dergelijk signaal kan uitstekend met gewone actieve RC-filters uitgefilterd worden. Dat is dan ook wat gebeurt in de twee schakelingen rond de operationele versterkers IC1a en IC1b. Deze zijn als gyratoren geschakeld en vormen dus een soort van elektronische spoelen. Deze spoelen vormen met de parallel geschakelde condensator C3 een zeer scherp banddoorlaat filter. De filterfrequentie is natuurlijk ingesteld op 625 Hz, de bandbreedte bedraagt slechts 50 Hz! Een tweede voordeel van het gyrator-filter is de grote versterking. De totale versterking van de schakeling wordt door het gebruik van dit filter gelijk aan 15.000. Het gefilterde middenfrequent signaal wordt via pen 3 aangeboden aan de middenfrequent versterker en de detector. Via pen 6 wordt het signaal uitgekoppeld. De operationele versterker IC2b vormt een comparator, die het uitgangssignaal van de TDA1072 omzet in een mooie, TTL-compatibele uitgangspuls. De drempel van de comparator is ingesteld op 66 % van de uitgangsspanning van de TDA1072. Als het uitgangssignaal onder deze waarde zakt, levert de comparator een "H" aan de logische uitgang. Dit is het geval bij het door de zender uitzenden van de digitale enen en nullen. De tweede comparator van IC2 wordt gebruikt voor het aansturen van een indicator-LED D1. Deze gaat met een frequentie van 1 Hz knipperen als een geldig DCF-77 signaal wordt ontvangen. Het afregelen van de schakeling is erg eenvoudig. Op de "Kopfhörer"-uitgang wordt een hoofdtelefoontje aangesloten. Men regelt nu Cx af tot het 625 Hz signaal op maximaal volume ontvangen wordt.

Tijdcode decoders

Microprocessor noodzakelijk?
De tot nu toe beschreven schakelingen doen niets anders dan het radiosignaal van de DCF-77 zender uit de ether plukken, het versterken en er de seriële digitale tijdcode uit afleiden. Wil men de zender gebruiken voor het sturen van een digitale klok, dan zal men de seriële code moeten omzetten naar BCD-informatie, waarmee men in totaal acht zeven-segment indicatoren kan sturen. Alle in de vakliteratuur gepubliceerde schakelingen (en dat zijn

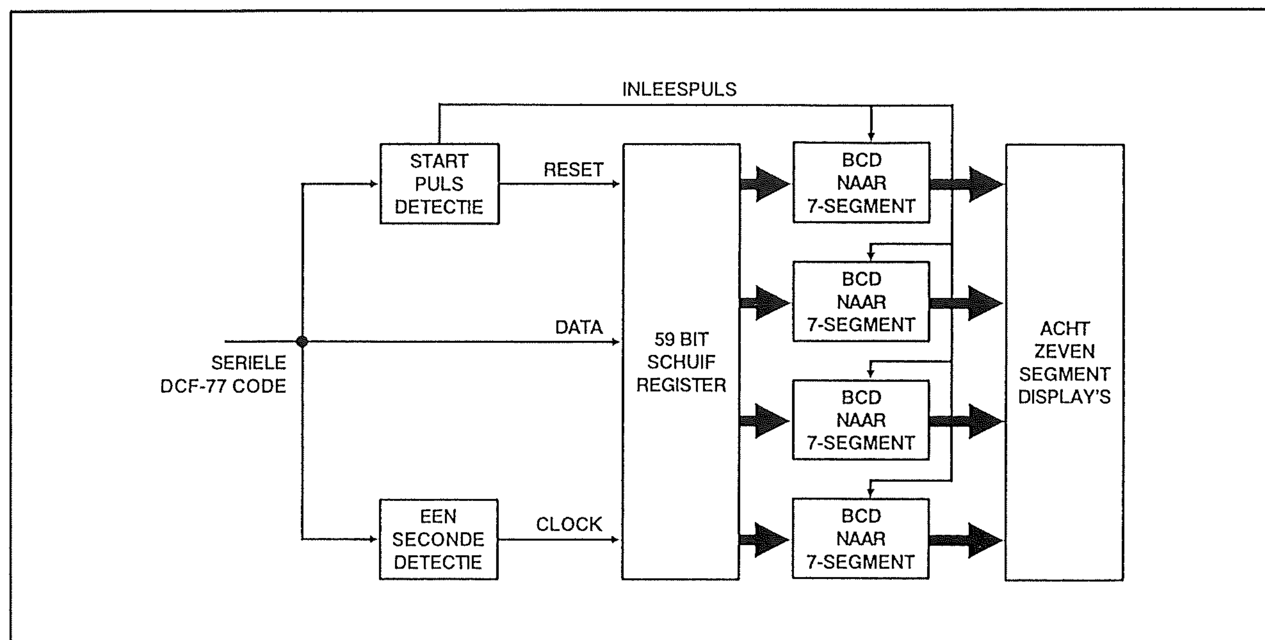
er heel wat) gebruiken hiervoor een microprocessor. Het besturingssysteem van de processor wordt dan eenmalig geschreven in een EPROM. Toch lijkt het mogelijk op een vrij eenvoudige manier de display's rechtstreeks uit de seriële code aan te sturen.

Een blokschema
Voor de ervaren nabouwer/ster wordt in het kort blokschematisch een mogelijke schakeling beschreven. Het blokschema staat in figuur 6/10.9-8.
Uit de seriële DCF-077 code kan op een vrij eenvoudige manier de start van een nieuwe cyclus worden afgelezen. Dat is namelijk het enige moment, waar er gedurende meer dan een seconde geen code wordt uitgezonden. Men zou hiervoor een differentiator kunnen gebruiken, die een elco oplaadt uit de code tot een bepaalde spanning. Deze spanning kan door een comparator geëvalueerd worden en stijgt alleen tussen bit P3 en het eerste bit van de nieuwe minuut naar een bepaalde waarde. De comparator levert dan een uitgangspuls. Hieruit wordt eerst een inleespuls gegenereerd, die de inhoud van sommige bits van een schuifregister inleest in BCD naar zeven-segment decoders met ingebouwde latch. Nadien volgt een korte resetpuls voor het schuifregister, zodat de inhoud "L" wordt. Op een even eenvoudige manier is de één seconde puls op te wekken. Ook nu kan men gebruik maken van het verschil in draaggolf-amplitude of kan men de puls rechtstreeks afleiden uit de seriële code. Deze één seconde puls wordt gebruikt als clock voor het schuifregister. De seriële code zélf wordt aan de DATA-ingang van het register aangelegd. Natuurlijk moet men dan wel een manier verzinnen om de smalle en bredere pulsen in de seriële code om te zetten naar "echte" digitale nullen en enen. Dat zou kunnen door gebruik te maken van enige monostabiele mutivibratoren.
Het register moet een breedte van 59 bit hebben. Na het wegvallen van de RESET worden alle 59 bits van de seriële code netjes een na een op het ritme van de CLOCK in het register ingelezen. Na afloop van een cyclus bevat het register dus de net uitgezonden seriële code in parallelle vorm. Het volstaat nu de juiste Q-uitgangen van het register (zie hiervoor figuur 6/10.9-3) aan de D-ingangen van de BCD naar zeven-segment decoders aan te leggen. Omdat de tijdgegevens BCD-gecodeerd zijn, zullen de zeven-segment display's rechtstreeks de juiste tijd en datum aangeven.
Bij dit principe moet wel opgemerkt worden, dat er geen rekening wordt gehouden met de omzetting van de UTC-tijd naar MEZ en MESZ. Maar ook deze gegevens kunnen uit het schuifregister worden gehaald en het volstaat met enige poorten te decoderen of de bits Z1 en Z2 "L" of "H" zijn. Door nu tussen de uitgangen van het schuifregister die de uren-code bevatten en de BCD-decoder een opteller op te nemen, moet het mogelijk zijn 1 of 2 bij de uren-code op te tellen.

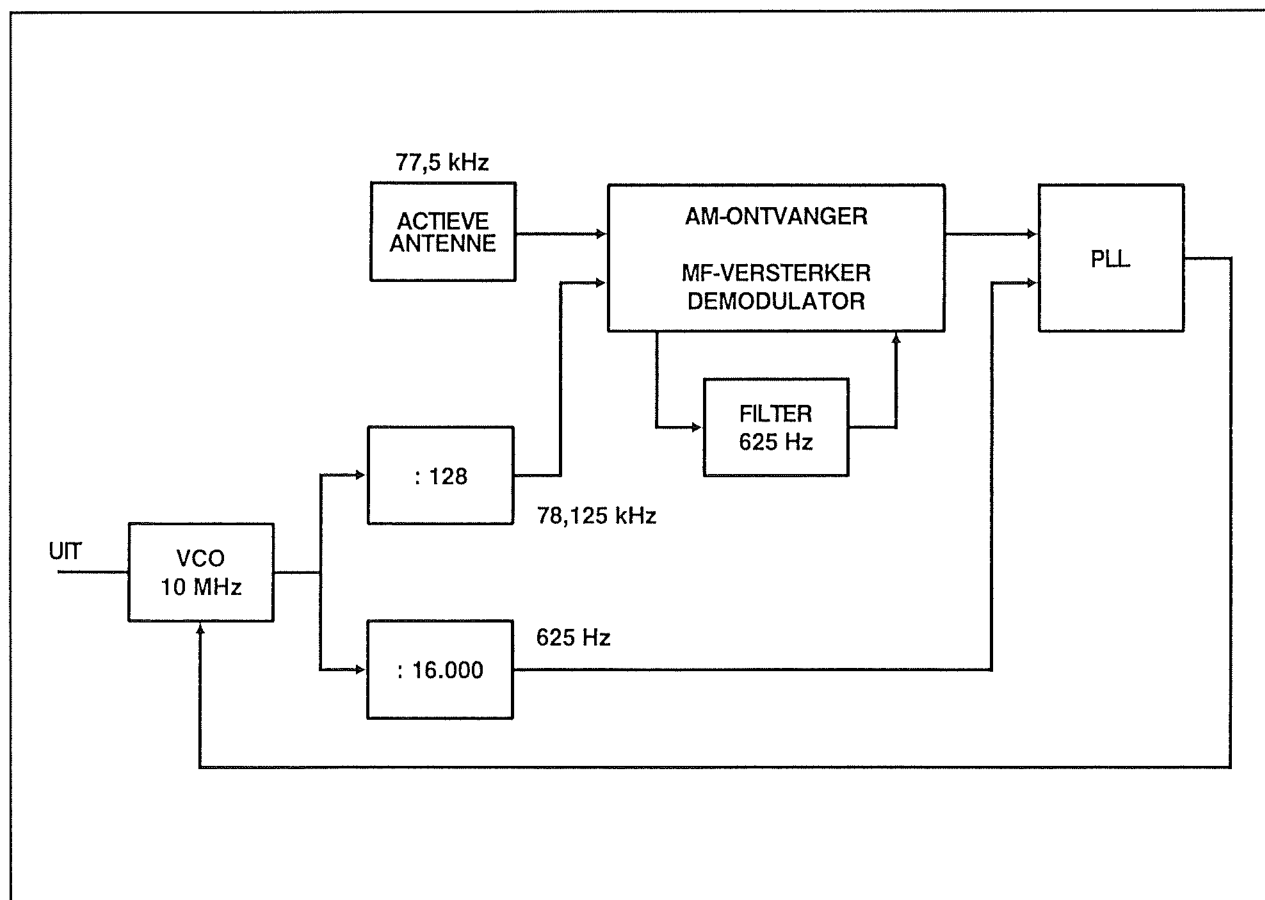
Frequentie referenties

PLL noodzakelijk
Uit het stabiele 77,5 kHz draaggolfsignaal van de DCF-77 zender kan op een vrij eenvoudige manier een frequentie referentie worden afgeleid. Het blokschema van een dergelijke schakeling is getekend in figuur 6/10.9-9. Een deel van het schema is reeds besproken.

10.9 De DCF-77 tijdcodering

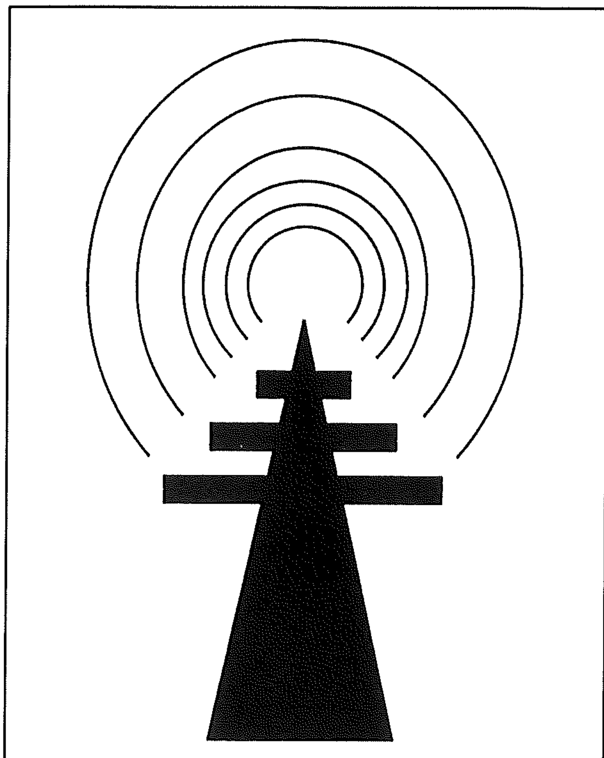


Figuur 6/10.9-8: Het blokschema van een experimentele rechtstreekse DCF-77 decodering.



Figuur 6/10.9-9: Het blokschema van een PLL-gestuurde frequentie referentie van 10 MHz.

10.9 De DCF-77 tijdcodering



Figuur 6/10.9-10: Het logo, waarmee wordt aangegeven dat een klok of wekker gesynchroniseerd wordt door de tijdcode van de DCF-77 zender.

Naast een actieve antenne (bijvoorbeeld figuur 6/10.9-4) heeft men een heterodyne ontvanger nodig (bijvoorbeeld de schakeling rond IC3 in figuur 6/10.9-6). Als basis van de locale oscillator wordt nu echter een VCO gebruikt met een eigen frequentie van 10 MHz. Deze oscillator is spanningsgestuurd, de frequentie is afhankelijk van een stuurspanning die men aan de schakeling aanlegt. Het uitgangssignaal met een frequentie van 10 MHz wordt door een frequentiedeler met een deelverhouding van 128 gevoerd. Daarvoor zijn slechts zeven flip-flop's noodzakelijk. De frequentie wordt gereduceerd tot 78,125 kHz en dit signaal wordt aan de ingangen voor de locale oscillator van de AM-ontvanger aangeboden. Het MF-signaal heeft dan weer de reeds bekende frequentie van 625 Hz. Dit signaal wordt gefilterd, versterkt en gedemoduleerd. Het uitgangssignaal van de AM-ontvanger stuurt één ingang van een PLL. Als tweede ingang wordt het door 16.000 gedeelde signaal van de VCO gebruikt. Ook nu ontstaat een frequentie van 625 Hz. De Phase Locked Loop zal zowel fase als frequentie van beide ingangssignalen vergelijken. Als deze niet aan elkaar gelijk zijn, wekt de PLL een uitgangssignaal op, waarvan de grootte afhankelijk is van het fase- en/of frequentieverschil tussen beide ingangssignalen. Met dit signaal wordt de VCO gestuurd. De uitgangsfrequentie wordt bijgeregeld, zodat aan de fase- en frequentiegelijkheid van beide 625 Hz signalen wordt voldaan. De PLL zorgt er dus voor dat de uitgangsfrequentie van de VCO gesynchroniseerd wordt met de draaggolffrequentie van de DCF-77 zender. Het uitgangssignaal van de VCO levert dus per definitie een signaal af, waarvan de frequentie zeer stabiel en zeer nauwkeurig op 10,000 MHz wordt gestabiliseerd.

DCF-77 modulen

Inleiding

Hoewel de DCF-77 zender in eerste instantie werd opgericht voor het bedienen van allerlei officiële instanties zoals spoorwegen, stadsbesturen, PTT's, TV-zenders en laboratoria, heeft ook de consumer-industrie tegenwoordig deze zender ontdekt.

Voor ongeveer *f* 150,00 kan men nu al een digitale polshorloge kopen, waarin de

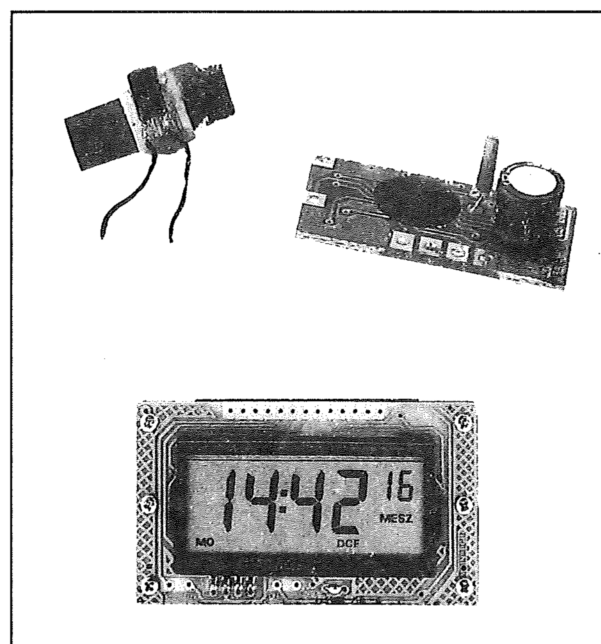
10.9 De DCF-77 tijdcodering

volledige elektronica, van radio-ontvanger tot en met microprocessor, is geïntegreerd. Ook worden verschillende digitale of analoge wandklokken en wekkers aangeboden, die DCF-77 gestuurd zijn. Om aan te geven dat een klok "atoomgestuurd" is heeft men een logo ontwikkeld. Alle klokken die voorzien zijn van het logo van figuur 6/10.9-10 zijn DCF-77 gesynchroniseerd.
Overigens wil dit niet zeggen dat alle apparaten om de minuut de DCF-77 code inlezen en verwerken. In de meeste gevallen, zeker bij batterijgevoede apparatuur zoals polshorloges, wordt maar twee keer per dag gesynchroniseerd. Voor de rest van de tijd loopt het horloge op de ingebouwde kristaltijdbasis. Dit wordt gedaan om energie te sparen en de batterijtjes niet onnodig te belasten. Verder zal men vaststellen dat dergelijke goedkope massaal geproduceerde klokken regelmatig het contact met de zender verliezen. Het logootje, meestal uitgevoerd als LCD-symbooltje, gaat dan knipperen. Waarschijnlijk is dit een gevolg van het feit dat men in kleine apparaten zoals polshorloges en wekkers geen grote ferrietstaaf kan inbouwen en dat de antennekring dus niet erg gevoelig is. Slechte weersomstandigheden kunnen er dan de oorzaak van zijn dat het zendersignaal te zwak wordt ontvangen en de klok het enige uren zonder synchronisatie moet stellen.

Modulen

Door diverse grote (Duitse) onderdelenleveranciers worden op dit moment digitale en analoge klokmodulen aangeboden, die DCF-77 gesynchroniseerd zijn. Deze modulen kosten rond de vijftig gulden en zijn een ideale basis om zélf klokken te bouwen naar eigen wensen en met eigen lay-out.

Als voorbeeld wordt in figuur 6/10.9-11 een van deze modulen-sets getoond, in dit geval een setje dat door Conrad Elektronik wordt aangeboden voor minder dan veertig gulden. De set bestaat uit een klein ferrietstaafje met spoeltje, een ontvangermodule en een digitale klokmodule. De display's kunnen naar keuze de tijd, de datum of afwisselend tijd en datum weergeven. Door middel van een aan te sluiten schakelaar kan het module de tijd volgens UTC, MEZ of MESZ aangeven. Er is een één seconde uitgang aanwezig, waarmee het mogelijk is analoge elektrische klokken aan te sturen.
Het geheel kan gevoed worden uit een batterijtje van 1,5 V, waarop de elektronica gemiddeld één jaar kan werken.



Figuur 6/10.9-11: Drie modulen, die door Conrad voor minder dan veertig gulden geleverd worden en die alle onderdelen bevatten voor het samenstellen van een DCF-77 gesynchroniseerde klok.

10.9 De DCF-77 tijdcodering

6/10.12
De CD-standaarden

Inleiding

Een hele bibliotheek
Sinds de introductie in 1980 van de Audio Compact Disk zijn er ongeveer een vijftiental CD-formaten op de markt verschenen die allemaal gebruik maken van hetzelfde medium: de CD.
Op dit moment wordt de gehele CD-technologie beheerst door een groot aantal kreten, die staan voor een bepaald formaat van data-opslag en/of een specifieke toepassing:
- CD-DA;
- CD+G;
- CD+MIDI;
- CD-ROM;
- CD-ROM XA;
- CD-I;
- CD-BGM;
- CD-ROM MixedMode;
- CD BRIDGE;
- CD-I READY;
- CD-WO;
- PHOTO-CD;
- VIDEO-CD;
- MPC-CD.

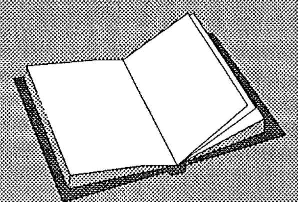
De meeste van deze verschillende formaten zijn internationaal gestandaardiseerd in de zogenoemde Rode, Gele, Groene, Witte en Oranje Boeken. In figuur 6/10.12-1 is een overzichtelijk schetsje gemaakt van de stamboom van de CD-familie. De zwarte leden zijn deze waarvan de specificaties door een van de boeken beschreven worden.

Overzicht
In dit hoofdstuk wordt een kort, maar volledig overzicht gegeven van de specificaties van al deze CD-formaten, dit aan de hand van de normen, die in de gekleurde boeken zijn vastgelegd.

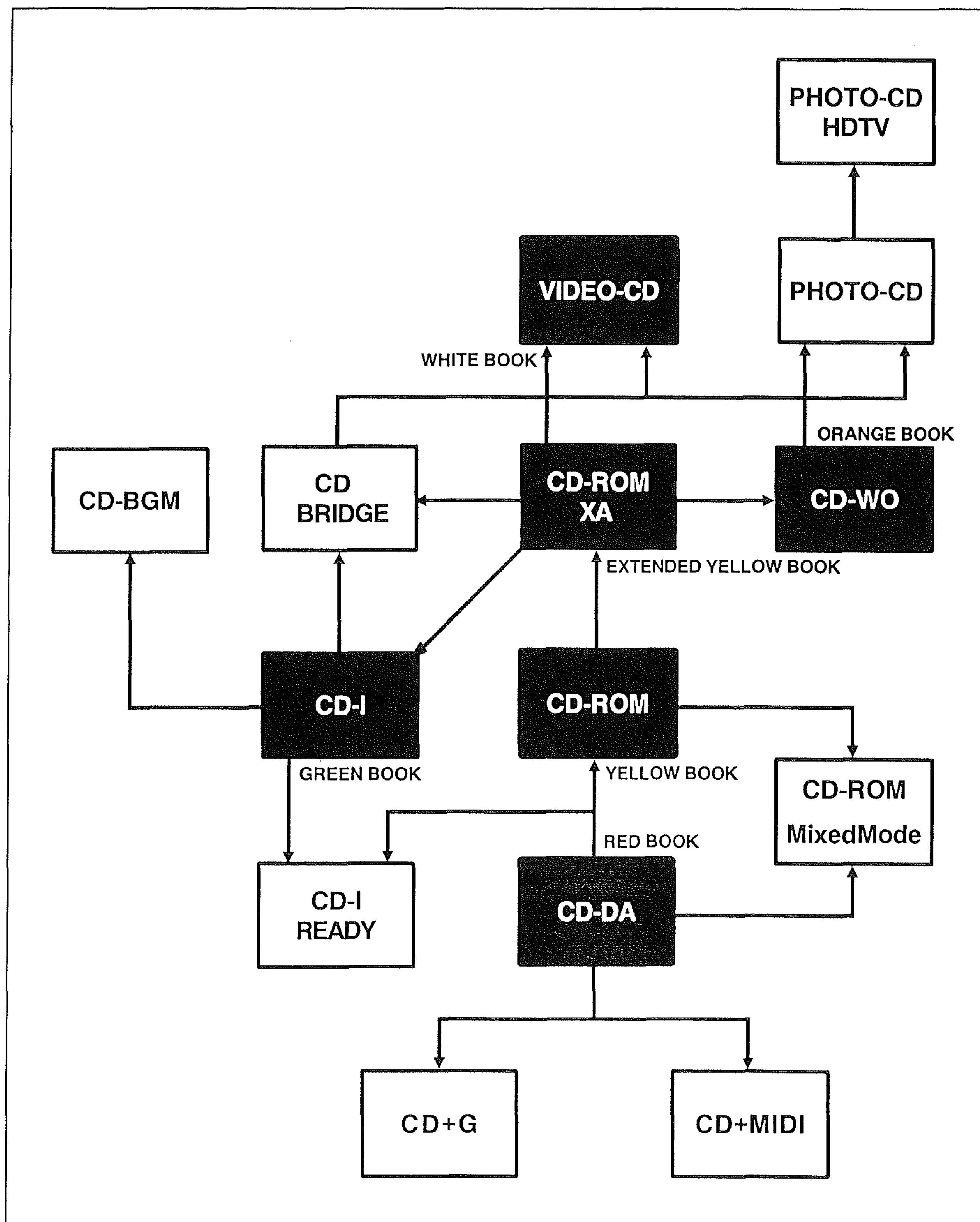
Een kort technisch overzicht

Algemene gegevens
In principe werken alle systemen op dezelfde manier. Het enige verschil zit in de manier waarop de digitale basisgegevens op de CD geordend zijn.

LEES OOK:
Hoofdstuk 5/7.1
Hoofdstuk 5/7.3
Hoofdstuk 5/16.2
Hoofdstuk 5/17.3



10.12 De CD-standaarden



Figuur 6/10.12-1: De stamboom der CD-familie.

10.12 De CD-standaarden

Hoewel over de technologie van het CD-systeem reeds in dit naslagwerk is gepubliceerd, worden hier in het kort de technische beginselen van de optische dataregistratie op CD-schijven samengevat.

Spiraal
De schijf wordt voorzien van een optische spiraal, waarin microscopisch kleine putjes of "pits" worden geperst. Deze spiraal heeft een lengte van niet minder dan 6 km en bevat 16.000 windingen per inch. De onderlinge afstand tussen de windingen bedraagt slechts 1,6 µm! Ter vergelijking: een floppy bevat slechts 96 sporen per inch. De overgangen tussen de pits en de rest van de spiraal (het "land") en de lengte van pits en lands vormen de digitale gegevens. De achterkant van de transparante schijf wordt nadien voorzien van een dunne aluminium of gouden laag, die de schijf de noodzakelijke optisch reflecterende eigenschappen verschaft. In een single-speed CD-speler wordt deze optische spiraal afgetast met een constante snelheid van 1,3 m/s door een zeer dunne infrarode laserstraal. Daaruit volgt onmiddellijk dat de omwentelingssnelheid van de CD niet constant is. Deze varieert tussen 200 en 500 omwentelingen per minuut. De in de spiraal geperste gegevens worden uitgelezen door het verschil in reflectie tussen het "ongeschonden" oppervlak van de lands, de pits en de overgangen daartussen. De miljarden en miljarden pits in deze spiraal kunnen meer dan 600 MB aan gegevens bevatten.

Drie bereiken
Het beschrijfbare gedeelte van de CD is ingedeeld in drie bereiken:
- Lead-in area
  Dit bereik bevat de inhoudsopgave van de CD. Dit bereik beslaat de middelste 4 mm van de spiraal op de CD. De inhoudsopgave van de schijf zit verwerkt in de zogenoemde "TOC", letterwoord voor "Table Of Contents". Deze TOC wordt bij het activeren van de "Play"-toets als allereerste gegeven door de CD-speler uitgelezen en in een geheugen opgeslagen.
- Programm area
  Dit bereik bevat uiteraard de nuttige informatie. Het programma bereik zit op de volgende 33 mm van de spiraal.
- Lead-out area
  Dit bereik geeft het einde van de spiraal aan en zit op de buitenste millimeter van de spiraal. Aan de hand van de gegevens in dit bereik weet de elektronica dat de CD is afgelopen en wordt de lees-laser eventueel bij "REPEAT" weer naar het begin van de spiraal gestuurd.

Het channel bit
Het meest fundamentele gegeven op een CD is het zogenoemde "channel bit" of optische bit. Dit is niet te vergelijken met het binaire elektronische bit dat in een computer gebruikt wordt. Het is namelijk niet zo dat de pits en de lands staan voor hoge en lage bits, zoals te verwachten zou zijn. Het zijn de overgangen tussen de pits en de lands die de voornaamste informatie bevatten. Iedere overgang komt overeen met een optisch hoog bit. De vlakke structuren van de pits en de lands vormen de optisch lage bits. Hoe langer een pit of land is, hoe meer optisch lage bits dit oppervlak voorstelt. Uit bepaalde technische overwegingen mogen er echter nooit minder dan twee of meer dan elf optisch lage bits na elkaar voorkomen. De lengte van de pits en de lands is dus zowel aan een minimum (0,833 µm) als aan een maximum (3,56 µm) gebonden. De mini-

male waarde is een gevolg van de tamelijk grote golflengte van het infrarode licht, waarmee de spiraal wordt afgetast. De maximale waarde heeft te maken met het feit dat de elektronisch lage bits door middel van synchronisatie worden afgeleid uit de lengte van de pits en de lands. Als deze lengte te groot zou worden, zou deze synchronisatie in gevaar komen. Uit het principe volgt ook onmiddellijk dat het nooit kan voorkomen dat twee optische hoge bits achter elkaar staan. Twee van dergelijke bits moeten steeds gescheiden zijn door minstens twee lage optische bits.

Code-omzetting
Een elektronisch systeem werkt met bytes, een verzameling van acht elektronische bits. Een byte kan 256 verschillende combinaties van hoge en lage bits bevatten. Van deze 256 code-combinaties zijn er echter velen die minder dan twee nullen achter elkaar bevatten of die twee opeenvolgende enen hebben. Dergelijke bytes kunnen dus nooit rechtstreeks worden omgezet worden in pits en lands.
Vandaar dat het noodzakelijk is een code-omzetting in te voeren. Een standaardbyte wordt op het oppervlak de CD voorgesteld door 14 channel bits, een proces dat "Eight to Fourteen Modulation" (EFM) wordt genoemd.

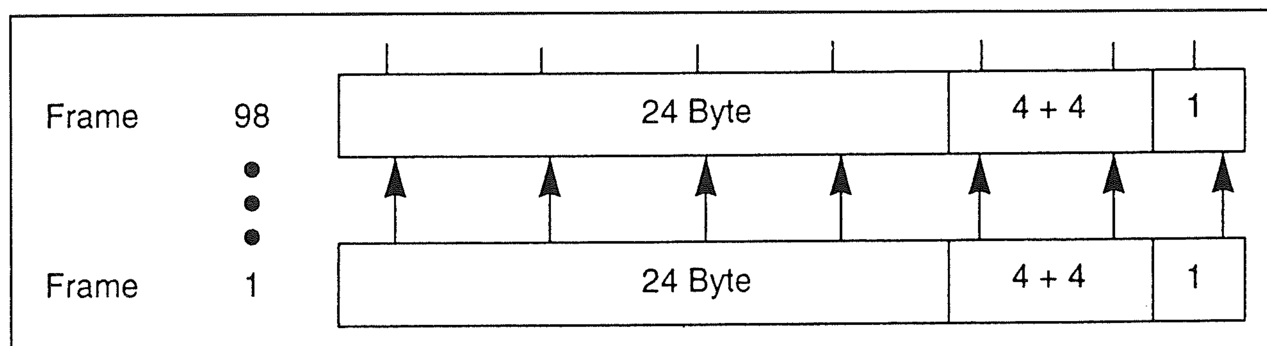
Merge channel bits
Bij het registreren van twee optische bytes achter elkaar op de spiraal zou het toch nog kunnen voorkomen dat niet aan de drie genoemde voorwaarden wordt voldaan.
Vandaar dat tussen twee optische bytes nog eens drie optische bits worden opgenomen. Dit noemt men de "merge channel bits" en deze hebben een dusdanige samenstelling dat nooit:
- meer dan één optisch hoog bit;
- minder dan twee optisch lage bits;
- meer dan elf optisch lage bits;

achter elkaar op de spiraal ontstaan.
Het gevolg is dus dat één 8 bit standaardbyte door niet minder dan 17 optische bits moet worden voorgesteld!

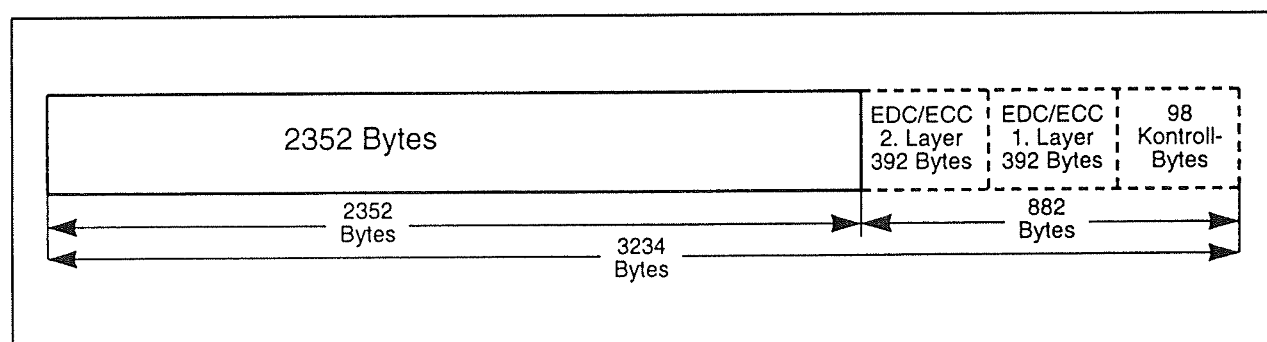
Fout-correctie
Vanwege de zeer kleine microscopische afmetingen van de pits en de lands zal het vaak voorkomen dat gegevens fout worden uitgelezen. Bij audio-CD's levert dit korte vervormingen van het geluid op. Op zich is dat al onaanvaardbaar. Maar het zal duidelijk zijn dat dit bij de registratie van computergegevens op een CD-ROM absoluut niet mag gebeuren! Zelfs één foute leesactie kan immers tot gevolg hebben dat een van een CD-ROM gelezen programma niet goed werkt of het systeem laat vastlopen. Vandaar dat veel aandacht moet worden besteed aan fout-correctie.
Er moet een systeem worden ingebouwd, waardoor de intelligente elektronica in de CD-speler in staat is fout gelezen bits te herkennen en te herstellen. Dat gebeurt door het toevoegen van extra informatie volgens de zogenoemde "Cross Interleaved Reed-Solomon Code", afgekort tot "CIRC".
Een en ander heeft tot gevolg dat per 24 elektronische bytes nog eens 2 x 4 correctie-bytes worden toegevoegd.
Deze bytes noemt men de:
- Error Detection Code, afgekort tot EDC;
- Error Correction Code, afgekort tot ECC.

Ook deze 8 bytes moeten uiteraard weer onder de vorm van 17 channel bits op het oppervlak van de spiraal komen te staan.
Dank zij deze CIRC is de foutverhouding van een CD gemiddeld gelijk aan 10^{-8}.

10.12 De CD-standaarden



Figuur 6/10.12-2: Het zogenoemde "optische frame" vormt de kleinste praktische gegevenseenheid op een CD en bestaat uit 24 data-bytes, 8 correctie-bytes en 1 controle-byte.



Figuur 6/10.12-3: De standaard indeling van een optische sector.

Hetgeen betekent dat per 100 miljoen gelezen bits er gemiddeld één fout wordt geïnterpreteerd! Een foutkans waarmee in de praktijk goed te leven valt, maar die bovendien bij bepaalde CD-formaten nog verder verkleind wordt, zie later.

Het optische frame

De kleinste praktische gegevenseenheid op het oppervlak van de optische spiraal is het "optische frame". Dit frame bestaat, zie figuur 6/10.12-2, uit 24 opeenvolgende gegevens-bytes, de daarvoor noodzakelijke 2 x 4 CIRC-bytes en nog één controle-byte.

De optische sector

Frames worden samengevoegd tot sectoren. Iedere sector bestaat uit 98 optische frames en bevat dus 98 x 33 = 3.234 bytes. Hiervan zijn slechts 98 x 24 = 2.352 bytes die de informatie bevatten. De overige 882 bytes zij gereserveerd voor de CIRC en de controle. In de meeste gevallen zegt men dan ook dat één CD-sector 2.352 bytes bevat, hoewel dit dus in feite niet klopt!

Overdrachtsnelheid

Een sector bevat 1/75 seconde informatie, zodat per seconde 75 sectoren worden uitgelezen. De overdrachtsnelheid bij het lezen van een CD is bijgevolg gelijk aan 75 x 2.352 = 176.400 bytes per seconde. Dit komt overeen met een datasnelheid van 1,41 Mbit/s. Dit geldt uiteraard alleen voor de zogenoemde "single speed" spelers, die tegenwoordig nog alleen in standaard muziek CD-spelers en CD-I apparaten worden aangetroffen.

Indeling van een sector

De algemene indeling van een optische sector is getekend in figuur 6/10.12-3. De gegevens van de optische frames worden niet achter elkaar in een optische sector opgenomen. Eerst komen de 2.352 bytes met nuttige gegevens.
Nadien volgen de 2 x 392 bytes van de CIRC en tot slot de 98 controle-bytes.

Standaard

De in figuur 6/10.12-3 getekende indeling van een optische sector is standaard voor alle CD-formaten. De verschillende formaten onderscheiden zich van elkaar door:

- de manier waarop de 2.352 bytes nuttige informatie zijn ingedeeld;
- de codering van de 98 controle-bytes;
- de eventuele aanwezigheid van extra correctie-bytes.

Het CD-DA formaat

Inleiding

"CD-DA" staat voor "Compact Disk Digital Audio". Het is de moderne benaming voor de aloude geluids-CD's oftewel AUDIO-CD's. Het CD-DA formaat werd reeds in februari 1982 door Philips en Sony gestandaardiseerd in het zogenoemde "Red Book". Het formaat voldoet volledig aan de structuur die reeds in figuur 6/10.12-3 werd getekend.

Tracks

De volledige spiraal kan ingedeeld worden in maximaal 99 zogenoemde "tracks". Iedere track bevat een volledig muzieknummer en bestaat uit minimaal 300 sectoren, dus ongeveer 4 seconde muziek. Op deze manier kunnen alle muzieknummers, die op een CD-DA staan, van elkaar worden onderscheiden en kan men met de toetsen ">" en "<" snel van het ene naar het andere muzieknummer gaan. Iedere CD-DA speler kan in het display het tracknummer weergeven. Vaak treft men echter op CD-DA's met klassieke muziek slechts één track aan.

Sub-code

Het "Red Book" houdt zich voornamelijk bezig met de structuur van de 98 controle-bytes per sector. De gegevens die in deze bytes zijn opgenomen noemt men de "sub-code" van de CD-DA. Deze sub-code wordt in de CD- speler samengesteld door de controlebytes van alle 75 sectoren die per seconde worden gelezen te verzamelen en tot woorden te ordenen.
De totale sub-code bevat dertien woorden, die P tot en met W worden genoemd. Ieder woord bevat bepaalde gegevens. Het zou in dit kader te ver voeren om de structuur van deze sub-code woorden volledig te ontrafelen, hiervoor wordt verwezen naar de "Lees ook"-referenties.
In het kort beschreven bevatten deze woorden informatie over:

- P-woord
  Bevat gegevens over de inhoud van een track, namelijk of dit track muziek dan wel data als inhoud heeft.
- Q-woord
  Bevat twee tijd-codes, namelijk de "A-Time" die de absolute tijd aangeeft tussen de start van de CD en een bepaalde plaats op de spiraal en de "Track Relative Time", die begint te tellen vanaf het begin van een bepaalde track.
- R- tot en met W-woorden
  Bevatten allerlei informatie, onder andere alfanumerieke codes die in het display de naam van de componist, van

10.12 De CD-standaarden

het gespeelde nummer en zelfs de tekst van de gezongen tekst zichtbaar kunnen maken.
Hoewel het "Red Book" deze codering tot in alle details vastlegt wordt in de praktijk zelden van de R- tot en met W-woorden gebruik gemaakt.

Opmerking
Om redenen, die verder in dit verhaal duidelijk worden, wordt het formaat van CD-DA ook wel eens "mode 0" genoemd. Deze terminologie sluit mooi aan bij de "mode 1" en "mode 2" van de CD-ROM formaten.

Het CD+G formaat

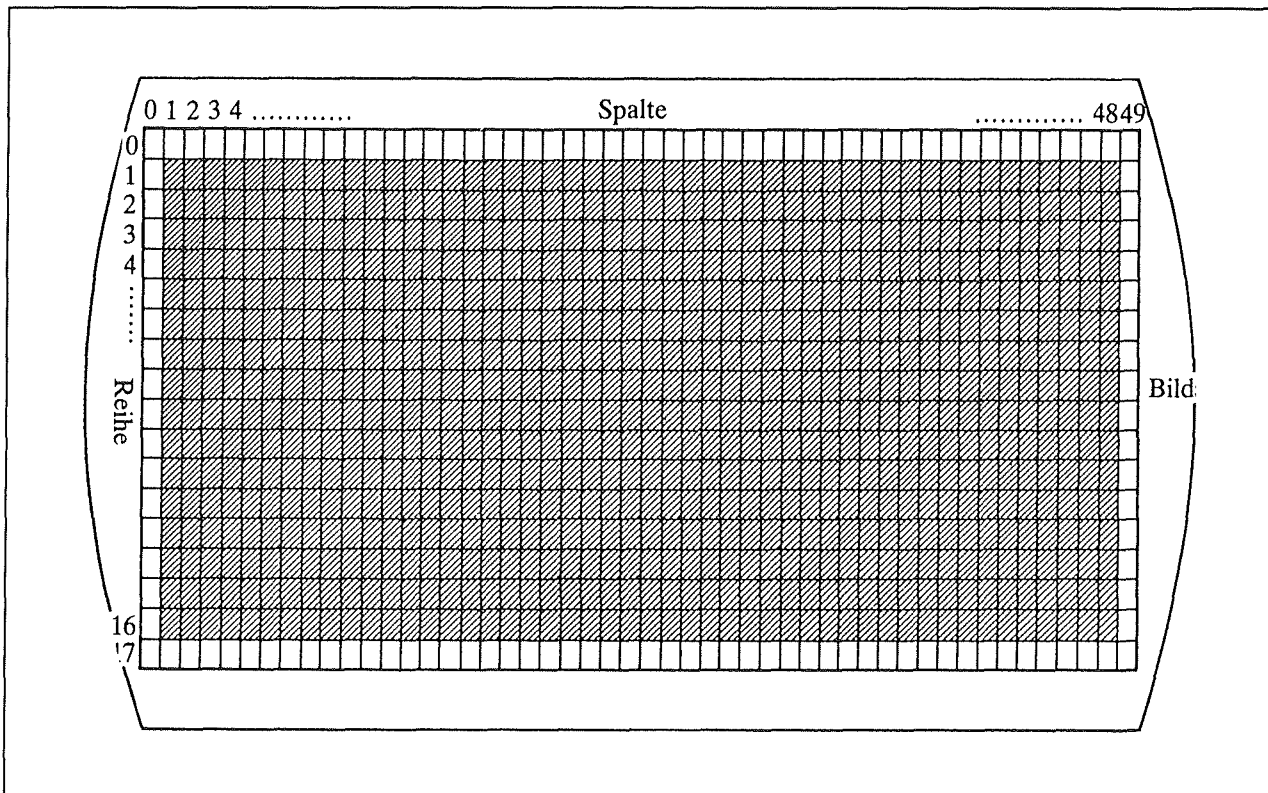
Grafische toepassingen
Bij dit formaat worden de gegevens van de woorden R tot en met W in de sub-code gebruikt voor speciale grafische toepassingen. Deze schijven kunnen alleen gelezen worden met de speciale CD-I-, CDTV- en VIS-afspelers.
De bedoeling van dit formaat, dat overigens ook volledig in het "Red Book" beschreven wordt, was een extra attractie aan de CD te geven. Hierdoor zou de CD gemakkelijker de concurentieslag met de audioplaat winnen.

"Fonts" als basis
De grafische informatie op een CD+G compact disk wordt gegenereerd onder de vorm van zogenoemde "fonts", die via het TV-scherm of een speciaal LCD-display op de CD-speler vertoond worden.
Ieder font wordt opgebouwd in een matrix van 6 bij 12 pixels, zodat de resolutie en dus de nauwkeurigheid van de grafieken vrij klein is. Een volledig beeld bestaat uit 18 font-regels met ieder 50 fonts, omgeven door een gekleurde rand. Een en ander is voorgesteld in figuur 6/10.12-4.
Er kunnen slechts 16 kleuren op het beeldscherm weergegeven worden, waarbij echter gekozen kan worden uit een totaal pallet van 4.096 tinten.
Het van de CD lezen van één beeld kost tussen 2 en 10 seconden, zodat het CD+G formaat duidelijk niet bedoeld is voor flitsende animaties! Wel kan men bijvoorbeeld Karaoke-CD's volgens dit formaat samenstellen, waarbij de grafische informatie gebruikt wordt om de mee te zingen teksten op het beeldscherm te projecteren.

Het CD+MIDI formaat

Meespelen met de CD
Ook bij dit formaat worden de R- tot en met W-woorden gebruikt voor het registreren van speciale gegevens. In dit geval zijn dit MIDI-strings, die alleen via speciale afspeelapparatuur zoals VIS- en CDTV-afspelers gelezen en verwerkt kunnen worden.
De MIDI-gegevens worden dan via een standaard MIDI-connector ter beschikking gesteld en kunnen worden gebruikt voor het aansturen van een MIDI-instrument, zoals een synthesizer. De twee stereo kanalen van de CD bevatten dan bijvoorbeeld de twee hoofdinstrumenten. De codering in de woorden van de subcode levert dan een MIDI-string, waarmee men de overige instrumenten kan laten afspelen op een orgel of keyboard.
Uiteraard kan men zélf de muziek manipuleren, door het veranderen van het soort instrument of octaven te verschuiven.

10.12 De CD-standaarden



Figuur 6/10.12-4: De beeldopbouw bij het CD+G formaat.

Zestien kanalen
De datastroom uit de sub-code is snel genoeg om in theorie gegevens voor het aansturen van zestien MIDI-instrumenten real time aan te leveren.

Opmerking

Weggezonken in de vergetelheid
Het CD+G formaat is nooit echt commercieel aangeslagen. De bedoeling was dat er in Duitsland op de Berliner Funkausstellung van 1989 reeds meer dan 200 CD+G titels voorradig zouden zijn. Zover is het echter nooit gekomen, omdat de software-producenten niet erg veel brood in het systeem zagen en de hardware-fabrikanten huiverig waren om apparatuur te ontwerpen waarvoor geen software bestond. Bovendien hebben Philips en Sony het CD+G systeem ook niet echt aangemoedigd en wel omdat zij toen reeds zélf bezig waren met het ontwikkelen van het CD-I formaat.
Een nog tragischer lot is CD+MIDI beschoren. Voor zover bekend heeft alleen het Amerikaanse bedrijf "Warner New Media" één enkele demo CD+MIDI geproduceerd.

Het CD-ROM Mode-1 formaat

Inleiding
Het CD-ROM Mode-1 formaat was het allereerste formaat waarmee werd gedefinieerd hoe computergegevens op een CD

kunnen worden vastgelegd. Dit formaat is in feite alweer verouderd. De specificaties van dit formaat werden reeds in september 1985 in het zogenoemde "Yellow Book" vastgelegd door de combinatie Philips, Sony en MicroSoft. De meeste CD-ROM's met zuivere software, dus programma's en data, worden volgens het Mode-1 formaat beschreven. Schijfjes die volgens dit formaat zijn beschreven kunnen met alle CD-ROM loopwerken, ook de allereerste versies, worden uitgelezen.

De indeling van een sector

De indeling van een CD-ROM Mode-1 sector is getekend in figuur 6/10.12-5. De 882 bytes voor de CIRC en de controle zijn nog steeds aanwezig, hoewel de controlebytes nauwelijks gebruikt worden.
Het bereik van de nuttige gegevens is echter kleiner geworden, omdat er in totaal 304 bytes extra noodzakelijk zijn voor organisatorische doeleinden.
Deze bytes worden als volgt gebruikt:
- 12 bytes voor synchronisatie doeleinden;
- 4 bytes voor de zogenoemde "header";
- 4 bytes voor extra EDC;
- 8 ongebruikte bytes;
- 276 bytes voor extra ECC.

De synchronisatie

Bij een CD-DA zijn de sectoren niet fysisch van elkaar gescheiden. Dat is ook niet noodzakelijk, omdat de muziekinformatie als een continu proces sector na sector wordt uitgelezen. Het zal nooit voorkomen dat het noodzakelijk is één bepaalde sector met muziekinformatie uit te lezen! Bij CD-ROM's met data is dat uiteraard wél noodzakelijk. Om het opzoeken van een bepaalde sector te versnellen worden de sectoren bij het CD-ROM formaat duidelijk fysisch van elkaar gescheiden door het tussenvoegen van 12 synchronisatiebytes.
Deze bevatten een bepaalde code, die gemakkelijk door de elektronica van de drive te detecteren is.

De header

De vier bytes van de header dienen voor het adresseren van de sector. Dat gaat volgens een tijd-codering in minuten, seconden en sectoren.
De inhoud van deze vier bytes is als volgt:
- byte 1: minuten;
- byte 2: seconden;
- byte 3: sectoren;
- byte 4: mode.

Aan de hand van de minuten, de seconden en het sectornummer in deze seconde kan iedere sector op de volledige CD-ROM ondubbelzinnig gecodeerd en opgezocht worden.

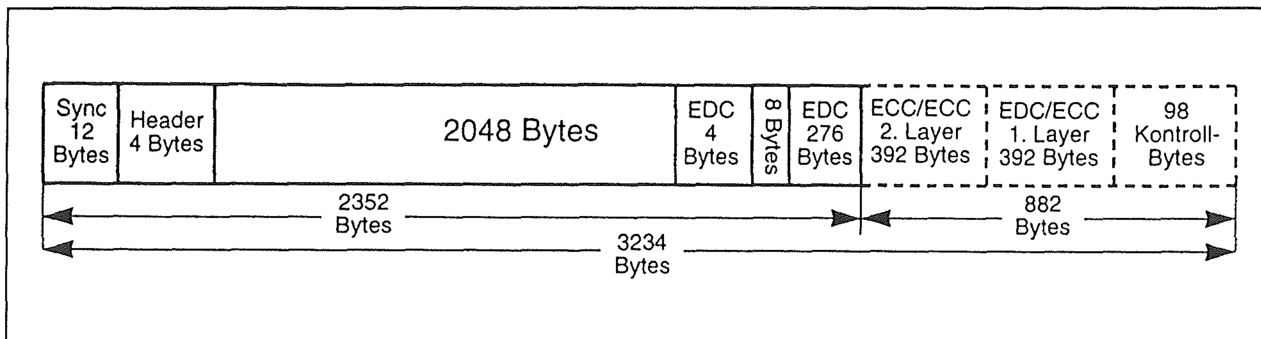
Het mode-byte

Het vierde byte van de header heeft niets met de codering te maken, maar definieert de mode van de sector:
- Mode-0: geeft aan dat de sector leeg is;
- Mode-1: geeft aan dat de sector is ingedeeld volgens het hier beschreven CD-ROM Mode-1 formaat;
- Mode-2: geeft aan dat de sector is ingedeeld volgens het nog te beschrijven CD-ROM Mode-2 formaat.

Extra fout-correctie LEC

Bij het uitlezen van computer-data en programma's is de foutkans van 10^{-8} van het CD-DA formaat toch nog onaanvaardbaar. Vandaar dat in iedere sector van het CD-ROM Mode-1 formaat extra bytes noodzakelijk zijn voor een verder doorgevoerde fout-detectie en -correctie. Deze extra correctie wordt "LEC" genoemd, afkorting van "Layered Error Correction".

10.12 De CD-standaarden



Figuur 6/10.12-5: De indeling van een sector van een CD-ROM Mode-1 schijfje.

Deze correctie heeft 4 bytes nodig voor de EDC, de fout-herkenning en 276 bytes voor de ECC, de fout-correctie. Deze bytes worden door de firmware in de CD-ROM drive verwerkt. Het gevolg is dat de foutkans daalt tot gemiddeld 10^{-12}, één fout gelezen bit per billioen bits, dus!

De omvang van CD-ROM Mode-1

Een CD-ROM die beschreven is volgens het Mode-1 formaat kan maximaal 682 MB bevatten. Deze waarde gaat uit van een "speeltijd" van 74 minuten, het absolute maximum.
Bij de meeste CD-ROM's worden echter slechts 60 minuten geschreven, waardoor de maximale nuttige capaciteit te berekenen is als 60 minuten x 60 seconden x 75 sectoren x 2.048 bytes = 553 MB.

ISO 9660

Een zeer belangrijke specificatie van het CD-ROM Mode-1 formaat definieert de logische indeling van de sectoren. Net zoals bij een harde schijf moet de grote hoeveelheid informatie op een voor de gebruiker overzichtelijke manier ingedeeld worden. Daarbij denkt men aan data-blokken, file-namen, directories, sub-directories en sub-sub-directories. Deze indeling wordt ook in het "Yellow Book" beschreven, maar staat ook bekend als de ISO 9660 standaard of de "High Sierra afspraak". Dit laatste vanwege het feit dat deze afspraak in juni 1986 in het "High Sierra" hotel in de Amerikaanse staat Nevada werd vastgelegd!

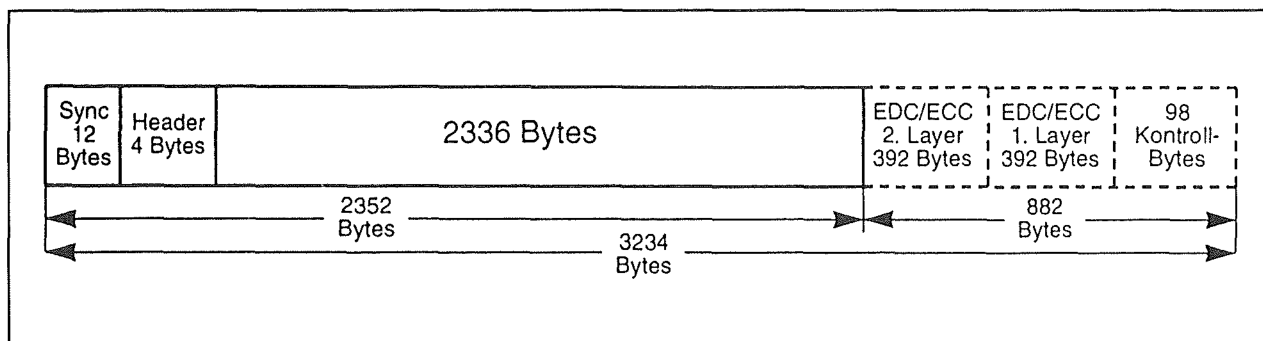
Data-blocks

Volgens de ISO 9660 standaard kunnen de 2.048 nuttige bytes van een sector ingedeeld worden in 512, 1.024 of 2.048 bytes. Deze indeling gebeurt onder de vorm van blokken, "data-blocks" genoemd, die ieder een zogenoemde "LBN" of "Logic Block Number" krijgen. Deze bloknummers worden door de software berekend aan de hand van de codering in de header-bytes. Dat berekenen is een taak voor MicroSoft's MSCDEX, het geheugenresidente programma dat in de AUTOEXEC.BAT van het systeem moet worden opgenomen en vanaf versie 3.1 bij MS-DOS wordt meegeleverd.

Directories en paden

ISO 9660 definieert een hiërarchisch systeem voor de logische indeling van de CD-ROM.
In feite is dit systeem volledig vergelijkbaar met dit van een harde schijf. Men kan sub-directories tot een diepte van acht niveaus aanleggen. De namen van de files kunnen maximaal acht karakters bevatten, aangevuld met drie karakters voor de extensie.

10.12 De CD-standaarden



Figuur 6/10.12-6: De sector-indeling van het CD-ROM Mode-2 formaat.

Men kan echter alleen de karakters A tot en met Z, de cijfers 0 tot en met 9 en het onderstreep-lijntje _ toepassen.

Het RRIP protocol

Om de ISO 9660 standaard volledig compatible te maken met het UNIX bedrijfssysteem is in het begin van de 90-er jaren het zogenoemde "Rock Ridge Interchange Protocol", afgekort tot "RRIP", uitgewerkt. Ook dat is een systeem dat de logische indeling van de schijven regelt. Gelukkig is RRIP volledig compatible met ISO 9660, zodat RRIP CD-ROM's door MicroSoft's MSCDEX gelezen kunnen worden.

De controle-bytes bij CD-ROM Mode-1

Zoals reeds geschreven in de inleiding, worden alleen de Q- en de P-woorden van de sub-code bij het Mode-1 formaat gebruikt. De data van de overige R- tot en met W-woorden worden allemaal op logisch "0" gezet.

Track

Het CD-ROM formaat gaat er in principe van uit dat een schijfje slechts één track bevat.
Het snel opzoeken van gegevens gaat immers niet, zoals bij CD-DA, van track naar track, maar van file naar file volgens ISO 9660.

Het CD-ROM Mode-2 formaat

Inleiding

Het Mode-2 formaat onderscheidt zich alleen van Mode-1 doordat de extra foutdetectie en -correctie door middel van LEC niet wordt toegepast. Daardoor kan men per sector 2.336 nuttige bytes opnemen. Het nadeel is uiteraard dat de foutkans weer gelijk wordt aan 10^{-8}, hetgeen voor sommige gegevens acceptabel is. Hierbij kan gedacht worden aan CD-ROM's met grafische pixel-afbeeldingen in .PCX-formaat. Het fout lezen van één bitje is bij dergelijke plaatjes niet erg relevant.

De indeling van de sectoren

De indeling van een sector van een CD-ROM Mode-2 is getekend in figuur 6/10.12-6.

Opmerking

Het Mode-2 formaat voldoet, vanwege het vreemde aantal nuttige bytes van 2.336 per sector, niet aan de ISO 9660 standaard!
Voor het uitlezen van dergelijke (gelukkig zeldzame) CD-ROM's heeft men een aangepaste device-driver nodig.

10.12 De CD-standaarden

Het CD-ROM XA Form-1 formaat

Inleiding

De afkorting "XA" staat voor "Extended Architecture", waarmee men wil aangeven dat dit formaat een uitbreiding is van de oude Mode-1 en Mode-2 standaarden. De XA-standaard werd, alweer door Philips, Sony en MicroSoft, ontwikkeld in september 1989 en in de uiteindelijke versie als "Final System Description" in maart 1991 vast gelegd in het "Extended Yellow Book". Dat "uiteindelijke versie" moet echter met een korreltje zout worden genomen! De final system description van 1991 wordt "fase-2" genoemd omdat er nog een "fase-3" is gevolgd, waarin de XA-standaard wordt uitgebreid met MPEG, een compressie-systeem voor bewegende beelden dat inmiddels de internationale standaard is geworden.

Multimedia CD

De CD-ROM XA standaard kan met recht en reden de "Multimedia standaard" worden genoemd. Op een CD-ROM XA schijfje kan men namelijk niet alleen computer-data en -programma's opnemen, maar ook tekst-, muziek-, audio- en videogegevens. En niet alleen dat, maar die gegevens kunnen op verschillende manieren gecodeerd worden en bovendien door elkaar gehusseld.

Nieuwe controller

Al deze indrukwekkende mogelijkheden van het XA-formaat hebben wél als nadeel dat deze schijfjes niet meer gelezen kunnen worden door oude CD-ROM drives. Voor het verwerken van de gegevens is veel extra elektronica noodzakelijk en die oude drives beschikken niet over deze elektronica. Een XA-compatibele drive heeft een speciale XA-controller nodig en bovendien minimaal versie 2.2 van MicroSoft's MSCDEX.

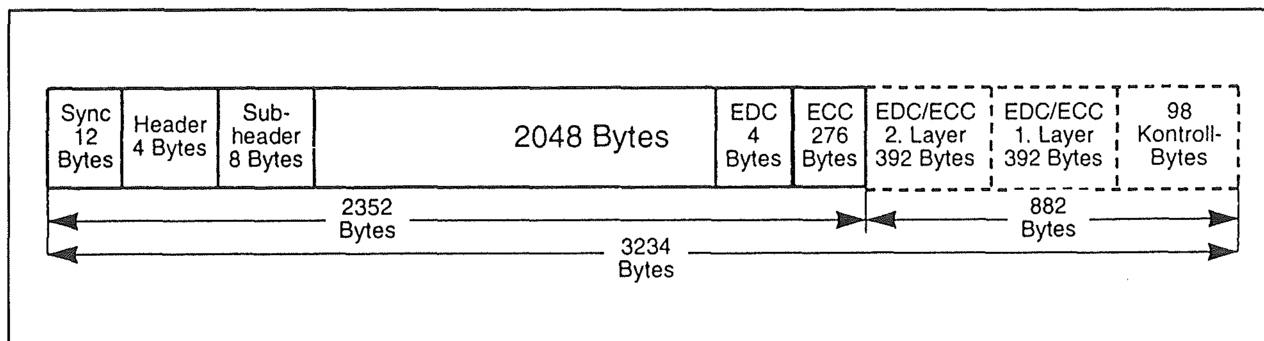
De indeling van een sector

De indeling van een sector van het CD-ROM XA Form-1 formaat is getekend in figuur 6/10.12-7. Zoals blijkt vertoont dit formaat grote gelijkenis met het CD-ROM Mode-1 formaat. De nuttige ruimte bestaat ook uit 2.048 bytes. Om de veelheid aan data te kunnen onderscheiden heeft men echter extra bytes nodig. Dat zijn er slechts acht, die de "sub-header" worden genoemd en worden verzameld door de acht lege bytes tussen de EDC en de ECC te laten vervallen.

Interleaving en streams

De grootste vernieuwing van het XA-formaat is de introductie van "interleaving". Hierdoor kunnen tekst-, programma-, geluid- en video-gegevens door elkaar gehusseld worden, zodat de data in de meest voor de hand liggende volgorde van de CD gelezen wordt. Bij multimedia-toepassingen moet het systeem immers vaak gelijktijdig tekst op het scherm vernieuwen, geluid genereren en een bewegend beeld in een venster zetten. Al deze activiteiten vereisen dat de gegevens op de CD zeer snel worden uitgelezen. Nu heeft een CD echter een tamelijk beperkte leessnelheid. Zouden alle gegevens van een file, net zoals bij de CD-DA en de CD-ROM, in opeenvolgende sectoren zijn ondergebracht, dan zou de drive niet altijd in staat zijn met voldoende snelheid nieuwe gegevens aan te leveren. Het gevolg zou zijn dat de opbouw van een beeld even stopt op het moment dat het systeem nieuwe audio- of tekst-gegevens nodig heeft.

10.12 De CD-standaarden



Figuur 6/10.12-7: De sector-indeling van het CDROM XA Form-1 formaat.

Dank zij de interleaving van de data kan dit vermeden worden. Door het snel omschakelen van lezen van audio-gegevens naar het lezen van video-, tekst- en programma-gegevens (en vice versa) ontstaan als het ware vier separate en quasi-gelijktijdige gegevensstromen van de CD naar de XA-controller en vandaar naar de PC. Deze gegevensstromen noemt men de "streams".

ADPCM-geluid
Een tweede belangrijke vernieuwing is dat het XA-formaat zogenoemd "ADPCM-geluid" ondersteunt. Bij een traditionele CD-DA wordt het geluid onder de vorm van een continue digitale representatie van de CD gelezen. Bij het schrijven van de CD-DA wordt het geluid 44.100 keer per seconde omgezet in een digitale code van 16 bit. Deze codes worden in de CD-DA speler weer omgezet in een analoog geluidssignaal. ADPCM werkt volgens een geheel andere principe, een principe dat te vergelijken is met de manier waarop geluidskaarten geluid genereren. ADPCM is de afkorting van "Adaptive Differential Pulse Code Modulation". ADPCM stuurt bepaalde codes naar een speciaal IC op de XA-controller. Aan de hand van de inhoud van deze codes zal dit IC (APU of Audio Processor Unit) vervolgens op een synthetische manier geluidseffecten, muziek of zelfs spraak gaan genereren. Het zal duidelijk zijn dat dit veel en veel minder gegevens kost dan het traditionele ADC/DAC-principe van de CD-AD.

Audio-levels
Het ADPCM-principe heeft als extra optie de mogelijkheid om de kwaliteit van het synthetisch gegenereerde geluid te definiëren. Daarvoor bestaan verschillende "audio-levels", A, B en C genoemd. CD-ROM XA ondersteunt twee levels, namelijk level-B en level-C. Level-B levert de hoogste geluidskwaliteit, maar vraagt uiteraard de meeste code. Met het iets slechtere level-C kan men op één CD-ROM XA schijfje niet minder dan 19 uur en 12 minuten geluid in mono opnemen!

XA-video
De XA-norm biedt op dit moment alleen VGA-vensters met een lage resolutie en met een selectie van slechts 256 kleuren uit een pallet van 16,7 miljoen. Dat heeft te maken met het feit dat het MPEG compressie-algoritme voor beeld-informatie nog niet ondersteund wordt. Maar met de introductie van fase-3 zal ook dit probleem zijn opgelost en zal de XA-standaard "true video" met maximaal 16,7 miljoen kleuren per plaatje ondersteunen.

10.12 De CD-standaarden

De sub-header

De acht bytes in de sub-header identificeren op tal van manieren de gegevens die in de sector zijn vast gelegd.

Om er zeker van te zijn dat deze gegevens goed worden uitgelezen, worden zij dubbel geschreven:

- Bytes 1 en 5
  In deze bytes wordt een zogenoemd bestandsnummer tussen 000 en 255 geschreven. De waarde 000 wil zeggen dat de sector geen deel uitmaakt van het interleaved schema en dat alle opeenvolgende sectoren met code 000 achter elkaar als continue datastroom uitgelezen kunnen worden.
- Bytes 2 en 6
  In deze bytes wordt een zogenoemd kanaalnummer opgeslagen, ook een getal tussen 000 en 255. Het kanaalnummer wordt gebruikt om het uitlezen van interleaved sectoren te vergemakkelijken. Voor sectoren die ADPCM-data bevatten staan de kanaalnummers 000 tot en met 015 ter beschikking.
  Video-data worden gekarakteriseerd door kanaalnummers tot en met 031.
- Bytes 3 en 7
  Deze bytes noemt men de "sub-mode"-bytes. De acht bits zijn vlaggen die op logisch "0" of "1" gezet kunnen worden en de volgende gegevens bevatten:
  - Bit 0
    Wordt hoog gezet als de sector de laatste sector van een record is. Deze vlag noemt men de "EOR" of "End Of Record".
  - Bit 1
    Wordt hoog gezet als de sector video-informatie bevat.
  - Bit 2
    Wordt hoog gezet als de sector ADPCM-audio informatie bevat.
  - Bit 3
    Wordt hoog gezet als de sector zuivere programma-data bevat.
  - Bit 4
    Zet de "trigger" aan of uit. De trigger is een signaal dat voor bepaalde elektronische bewerkingen in de XA-controller noodzakelijk is.
  - Bit 5
    Bepaalt of de sector beschreven is volgens het Form-1 formaat of volgens het Form-2 formaat (zie later).
  - Bit 6
    Wordt hoog gezet als de sector zogenoemde "real-time" gegevens bevat. Real-time gegevens zijn gegevens die zo snel mogelijk vanuit de optische spiraal op de CD naar het geheugen van de PC overgebracht moeten worden.
    De fout-detectie en -correctie technieken in de XA-processor vergen nogal wat tijd. Wordt bit 6 hoog gezet, dan worden deze technieken voor de sector uitgeschakeld, zodat de gegevens met de maximale leessnelheid van de CD naar het geheugen gaan.
    Het gevolg is dat weliswaar af en toe een bitje van de data-stroom fout wordt gelezen, maar dit wordt dan op de koop toe genomen. Real-time gegevens zijn bijvoorbeeld videodata, die uit opeenvolgende sectoren worden gelezen en die zo snel mogelijk een venstertje op het scherm met een plaatje moeten opvullen.
  - Bit 7
    Wordt hoog gezet als de sector de laatste sector van een bestand is. Dit bit is dus het beroemde "EOF"-bit, oftewel "End Of File".
- Bytes 4 en 8

10.12 De CD-standaarden

Deze bytes bevatten informatie over de manier waarop audio- en video-gegevens zijn gecodeerd.
Eén bit bepaalt bijvoorbeeld of de audio-gegevens mono of stereo zijn. Een tweede bit bepaalt de zogenoemde "pre-emphasis" van het geluid.
Staat dit bit op "1", dan wordt de audioprocessor opgedragen alle hoge tonen met 6 dB te verzwakken, zodat de ruis in het geluid afneemt. Dit is een begrip dat uit de CD-DA technologie is overgenomen. Een derde bit definieert het level van de ADPCM-informatie. De overige bits definiëren de compressie-technieken, die op de gegevens in de sector zijn toegepast. Deze bits zullen een belangrijke rol spelen na het ingaan van fase-3, als ook video-gegevens die met de MPEG-technologie zijn gecomprimeerd worden ondersteund.

Het CD-ROM XA Form-2 formaat

Inleiding

Het oude CD-ROM formaat kende een Mode-1 mét extra EDC/ECC-bytes en een Mode-2 zonder deze extra fout-correctie gegevens. Ook bij het XA-formaat heeft men een dergelijk onderscheid gemaakt. Maar nu noemt men deze twee formaten form-1 en form-2. Het form-2 formaat bevat géén extra ECC-bytes voor de LEC in de sector, zodat er 276 bytes extra vrijkomen voor nuttige gegevens. De vier extra EDC-bytes blijven wel bestaan. Deze worden in de CD-fabriek gebruikt voor kwaliteitscontrole van de schijven.
Een tweede, belangrijker gevolg van het weglaten van de extra ECC-bytes is dat gegevens sneller uitgelezen kunnen worden. De uitleessnelheid bij form-2 bedraagt weer 1,41 Mbit/s bij single-speed drives. Form-2 sectoren worden voornamelijk toegepast voor het schrijven van audio- en video-gegevens. Dank zij de gegevens in de sub-header weet de XA-controller of een sector form-1 of form-2 gegevens bevat.

De indeling van een sector

De indeling van een sector die volgens het CD-ROM XA Form-2 formaat is geschreven is samengevat in figuur 6/10.12-8.

Het CD-I formaat

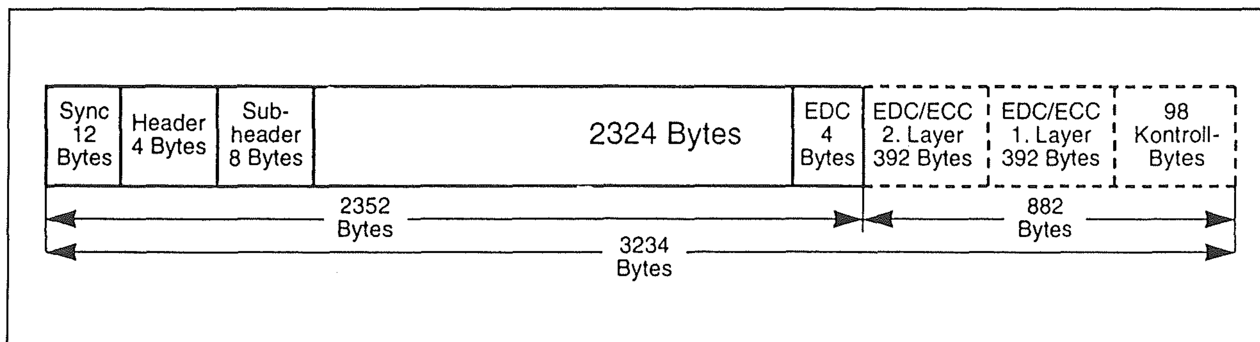
Inleiding

CD-I staat voor "Compact Disk Interactive". Het is een door Philips ontwikkeld systeem waarmee multimedia-toepassingen ook op een normale TV kunnen worden afgespeeld. CD-I schijven bevatten programma-code, programma-data, audio-gegevens en video-gegevens. De CD-I normen zijn vastgelegd in het zogenoemde "Green Book". De CD-I schijfjes worden in een speciale CD-I speler gelezen, die aangesloten wordt op een normale TV. Via een infrarode afstandsbediening kan men het systeem bedienen.

Het sector-formaat

Het sector-formaat van CD-I is volledig compatible met de CD-ROM XA Form-1 en Form-2 formaten. In principe zou men dus verwachten dat de CD-I schijfjes door iedere CD-ROM drive met XA-controller gelezen kunnen worden. Deze mooie stelling gaat helaas niet op! Er zijn namelijk toch nogal wat verschillen tussen CD-I en CD-ROM XA.

10.12 De CD-standaarden



Figuur 6/10.12-8: De samenstelling van een sector die geschreven is volgens het CD-ROM XA Form-2 formaat.

Ander platform
Het CD-I systeem werkt namelijk niet met Intel-processoren uit de 80xxx-familie, maar met de 68070-processor van Motorola. Het zal duidelijk zijn dat programmacode die voor deze processor geschreven is, voor Intel-processoren volledig onleesbaar en onbruikbaar is.
Bovendien werkt CD-I niet met MS-DOS als besturingssysteem, maar met een aangepaste vorm van het besturingssysteem OS/9.

Multi-track
Een tweede belangrijk verschil tussen CD-ROM XA en CD-I is dat CD-I, net zoals CD-DA, met verschillende tracks kan werken. Het gevolg is dat men op één CD-I schijfje tracks volgens de CD-ROM XA standaard kan combineren met tracks volgens de CD-DA standaard. Op een CD-I schijfje kunnen dus tracks staan, die in een normale CD-speler voor muziek kunnen worden afgespeeld.

Multi-level ADPCM
CD-I ondersteunt vervolgens drie levels voor ADPCM-codes, de levels A, B en C. Op het hoogste level-A zou een CD-I schijfje slechts 48 minuten geluid kunnen bevatten, dus veel minder dan een CD-DA schijfje.
Het level-A van ADPCM wordt, zoals reeds geschreven, niet door CD-ROM XA ondersteund.

MPEG-ondersteuning
CD-I heeft volledige ondersteuning van de MPEG-standaard voor compressie van bewegende videobeelden. Weliswaar moet men daarvoor extra elektronica in de CD-I speler laten monteren, maar het kan. Het gevolg is dat de 256 kleurengrens wordt doorbroken en dat CD-I "truecolor" beelden met meer dan 16 miljoen kleuren op het scherm van een TV kan zetten. Iets dat CD-ROM XA alleen maar zal evenaren op het moment dat fase-3 ingaat.

Het CD-BGM formaat

Achtergrondmuziek
BGM staat voor "BackGround Music" en deze toelichting maakt meteen duidelijk waarvoor deze CD's gebruikt worden. Dank zij de specificaties in het "Green Book" kan men via ADPCM-codering meer dan 20 uur muziek van een bevredigende kwaliteit op één CD'tje zetten. Dergelijke schijfjes worden dan ook geproduceerd als leveranciers van "Muzak" voor

winkelcentra, etc. Zij moeten op speciale apparatuur worden afgespeeld.

Het CD-ROM MixedMode formaat

Inleiding

Een van de grote verschillen tussen CD-DA en CD-ROM is dat CD-DA kan werken met maximaal 99 tracks op één schijfje en dat het basis-formaat van CD-ROM met slechts één track werkt. Of een track muziek volgens het "Red Book" dan wel gegevens volgens het "Yellow Book" bevat, wordt gedefinieerd door de inhoud van het P-woord in de sub-code (zie CD-DA beschrijving).
Nu zijn echter alle CD-ROM drives in staat "Red Book"-audio af te spelen, iedere drive heeft immers een audio-uitgang. Wat ligt er dan meer voor de hand dan het CD-ROM protocol zo uit te breiden dat op één schijfje zowel "Red Book" als "Yellow Book" gegevens staan? Niets dus en vandaar dat er CD-ROM's bestaan die niet alleen processorprogramma's en -data bevatten maar ook muziek volgens het CD-DA protocol. Deze schijfjes worden CD-ROM MixedMode genoemd en kunnen op iedere CD-ROM drive worden verwerkt.

Multimedia Beethoven

Een typisch voorbeeld van de CD-ROM MixedMode is "Multimedia Beethoven" van MicroSoft. Op deze CD staan zes tracks. Vijf daarvan worden gebruikt voor de opslag van de negende symfonie in "Red Book" CD-DA formaat. Het eerste track bevat programma-code en -data in CD-ROM Mode-1 formaat.

Geen interleaving

Omdat de MixedMode niet tot "interleaving" in staat is, moeten de tracks met programma-code en -data eerst uitgelezen worden en naar het PC-geheugen of de harde schijf worden overgebracht. Nadien kan de software vanuit deze media opstarten en op de juiste momenten via MSCDEX en de device-driver van de CD-ROM drive opdracht geven om de "Red Book"-tracks te lezen. Het geluid wordt dan uiteraard via de audio-uitgang van de drive aan de gebruiker aangeboden.

Het CD BRIDGE formaat

PC-compatible

CD BRIDGE CD's zijn volgens de normen van het "Green Book" beschreven en voldoen dus helemaal aan de CD-I standaard. Het enige verschil met de normale CD-I's is dat op een BRIDGE-CD ook sectoren aanwezig zijn, die door een PC XA-controller verwerkt kunnen worden. Dat geldt zelfs voor programma-code en -data, want een BRIDGE-CD bevat programma's voor zowel Intel als voor Motorola processoren. Daarnaast zijn ook de sectoren met ADPCM- en video-bestanden door beide platforms uitleesbaar.

Het CD-I READY formaat

Uitbreiding van CD-DA

Een CD die voldoet aan de CD-I READY standaard is in feite een CD die volgens de normen van het "Red Book" is beschreven. In het "Red Book" zijn normen opgenomen die bepalen welke gegevens er in de woorden R tot en met W van de sub-

code kunnen worden opgenomen. Naast de reeds genoemde mogelijkheid hierin alfanumerieke tekst op te nemen, kan men echter ook primitieve vormen van grafiek onderbrengen.

Uitlezen op het TV-scherm
Het lag in de bedoeling van de opstellers van het "Red Book" dat er ooit audio-CD spelers op de markt zouden komen met kleine grafische LCD-schermpjes. Dat is echter niet gebeurd en vandaar dat CD-DA producenten nooit iets met deze woorden hebben gedaan. In de normen van het "Green Book" staat echter beschreven dat CD-I apparatuur in staat moet zijn alle gegevens uit te lezen, die volgens het "Red Book" in de sub-code opgenomen kunnen worden. De gegevens worden dan uiteraard afgebeeld op de TV die op de CD-I speler is aangesloten.

Het CD-WO formaat

Inleiding
CD-WO is de afkorting van "Compact Disk Write Once". CD-WO's zijn speciale CD's die eenmalig beschreven kunnen worden met gegevens. Het CD-WO formaat is de basis van de reeds nu bestaande "optische schijven" waarmee men een eenmalige back-up kan maken van een harde schijf of waarmee men grote hoeveelheden vaste gegevens kan veilig stellen. Een tweede, veelbelovende toepassing is de in het volgende subhoofdstuk te bespreken "PHOTO-CD".

Het multi-sessie principe
Een van de voornaamste eigenschappen van het CD-WO formaat is dat het in staat is meerdere zogenoemde "sessies" op de spiraal te schrijven. Een sessie kan beschouwd worden als een partitie op een harde schijf.
Met MS-DOS is men in staat de fysische harde schijf die in de computer aanwezig is in te delen in een aantal logische schijven. Die krijgen dan de namen C:, D:, E:, etc. Voor het besturingssysteem lijkt het nadien net of er verschillende harde schijven in de computer zijn ingebouwd, die volledig los staan van elkaar en ieder een eigen FAT-tabel hebben.
CD-WO werkt met een identiek principe. Iedere sessie kan opgevat worden als een logische CD op de moeder CD. Iedere sessie heeft een eigen "lead-in", "programm area" en "lead-out". In iedere "lead-in" wordt bovendien een eigen TOC (Table Of Contents) geschreven.

Capaciteit volledig benutten
Dank zij het "multi-sessie"-principe is men in staat de capaciteit van ongeveer 600 MB volledig te benutten. Stel dat men 300 MB aan gegevens wil veilig stellen op een CD-WO.
In de daarvoor noodzakelijke schrijfactie legt het schrijfapparaat een sessie aan op de CD en schrijft in de TOC van deze sessie welke gegevens op welke sectoren zijn geschreven. Wil men later nog eens 250 MB gegevens veilig stellen, dan kan dat op hetzelfde schijfje. Het systeem maakt dan immers een tweede sessie aan met een eigen TOC, waarin de gegevensstructuur van deze tweede virtuele CD staan vermeld.

Niet XA-compatible
Het nadeel van het CD-WO formaat is dat de bestaande CD-ROM drives met XA-controller niet in staat zijn multi-sessie CD's te lezen.

10.12 De CD-standaarden

Meestal zal de besturing van een XA-drive op tilt slaan als een multisessie CD-WO in de caddy wordt gelegd en een leesopdracht wordt gegeven. Het systeem is weliswaar in staat de TOC van de eerste sessie te interpreteren en nadien de data-gegevens uit deze eerste sessie te lezen. Maar als de drive de lead-in van de tweede sessie tegen komt gaat het mis.
Het aanpassen van een XA-controller voor het lezen van multi-sessie CD-WO schijven zit op het firmware-niveau en het is dus helaas niet voldoende nieuwe versies van device-drivers te installeren.

Single-sessie wél compatible
Voor de duidelijkheid wordt hier nog eens afzonderlijk vermeld dat CD-WO schijven, waarop maar één sessie staat, wél door CD-ROM drives met XA-controller uitgelezen kunnen worden. De enige voorwaarde is uiteraard dat de sectorindeling voldoet aan de normen die in het "Extended Yellow Book" zijn vast gelegd. Maar omdat de meeste CD-WO formaten zich op sectorgebied aan deze normen houden, is dat geen punt.

De structuur van een CD-WO
De structuur die gebruikt moet worden voor het beschrijven van een CD-WO is in november 1990 vast gelegd in het "Orange Book". De algemene structuur is geschetst in figuur 6/10.12-9. In het begin van de spiraal zijn twee gebieden opgenomen, die iets te maken hebben met het schrijven van gegevens en dus bij het lezen van de CD niet gebruikt worden, namelijk PCA en PMA.
Nadien volgen de verschillende sessies. In de TOC van de eerste sessie staat een verwijzing naar de plaats op de spiraal, waar het data-gebied van de tweede sessie begint.

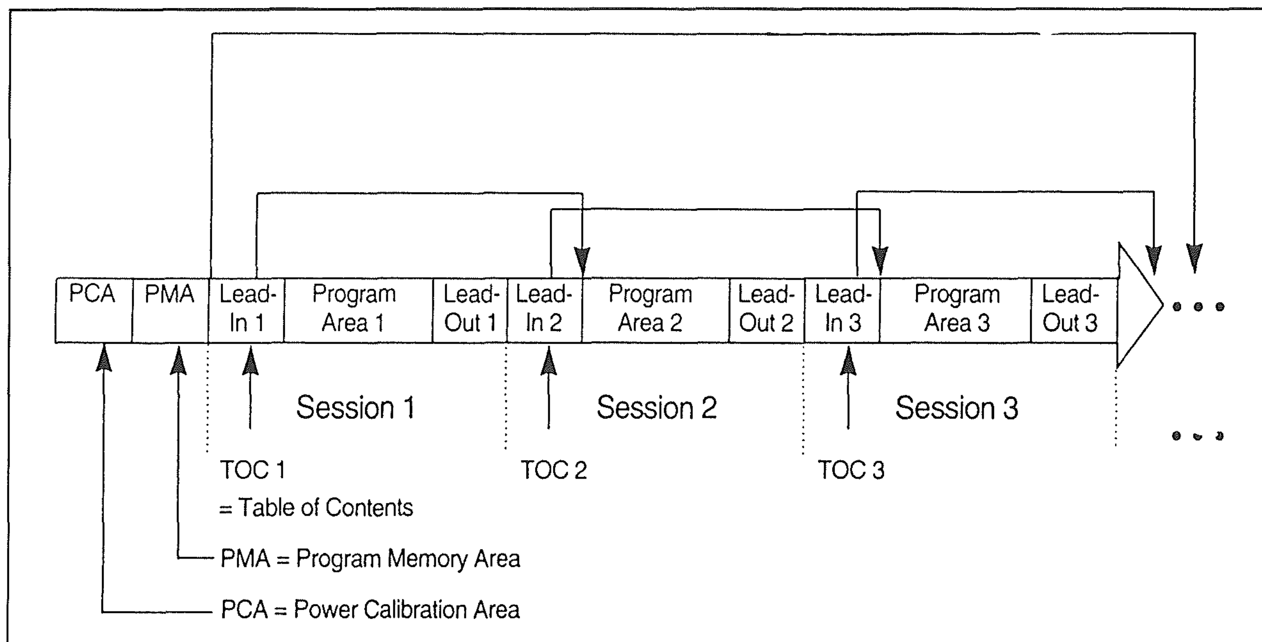
Opmerking
CD-WO's worden ook wel eens CD-R's of CD-MO's genoemd, afkortingen van respectievelijk CD Recordable en CD Magneto/Optical. Deze laatste benaming verwijst naar het fysische principe, volgens hetwelk de gegevens op de schijf worden ingebrand.

Het PHOTO-CD formaat

Inleiding
Kodak, een van de internationale reuzen op het gebied van de chemische fotografie, heeft samen met (alweer) Philips het systeem van de PHOTO-CD ontwikkeld. Principe is dat kleinbeeldnegatieven naar een speciale centrale worden gestuurd, waar zij via ingewikkelde apparatuur worden gescand en op de PHOTO-CD gezet. De PHOTO-CD's kunnen nadien worden afgespeeld op een CD-I apparaat of via geëigende software op een computer.

Het sector formaat van PHOTO-CD
Het sector formaat van een PHOTO-CD voldoet aan de standaarden die in het "Extended Yellow Book" zijn vast gelegd. Kodak gebruikt het CD-ROM XA Mode-2 formaat, een formaat dat door iedere CD-ROM drive met XA-controller gelezen kan worden. Daarnaast zal het duidelijk zijn dat het formaat ook voldoet aan de specificaties van het "Orange Book". Een PHOTO-CD is immers een typisch voorbeeld van een CD-WO, een schijfje waar eenmalig gegevens worden in gebrand. Bovendien voldoet een PHOTO-CD aan de CD-BRIDGE normen, zodat een dergelijk schijfje zowel in CD-I apparatuur als moderne CD-ROM drives gebruikt kan worden.

10.12 De CD-standaarden



Figuur 6/10.12-9: De algemene structuur die wordt gebruikt bij het beschrijven van een CD-WO.

De bestanden

Op een PHOTO-CD zijn drie directories opgenomen:

PHOTO_CD
  In deze directory staan twee bestanden met de namen INFO.PCD en START-UP.PCD. Deze twee bestanden leveren informatie over de datum van aanmaak van de PHOTO-CD en overige technische gegevens.

- CDI
  In deze directory staan werkprogramma's waarmee CD-I afspelers de informatie kunnen verwerken.
- IMAGES
  In deze directory staan alle foto's. De bestandsnamen worden doorgenummerd van IMG0001.PCD tot en met IMG0xxx.PCD, waarbij xxx uiteraard staat voor het aantal foto's in de sessie.

Multi-sessie

Kodak gaat er van uit dat in de meeste gevallen kleinbeeld rolletjes met 36 negatieven worden ingeleverd. Daarmee is echter een PHOTO-CD niet gevuld! In de 600 MB opslagruimte van een CD passen ongeveer 100 foto's. Om nu de consument niet met meer dan half lege CD's op te zadelen, werkt Kodak met het van het CD-WO formaat bekende multi-sessie principe. De 36 foto's van het eerste kleinbeeld rolletje worden weggeschreven in de eerste sessie van de PHOTO-CD. Nadien kan men dezelfde schijf met een tweede kleinbeeld rolletje aanbieden bij de fotograaf. Deze 36 foto's worden in een tweede sessie op de CD gezet.

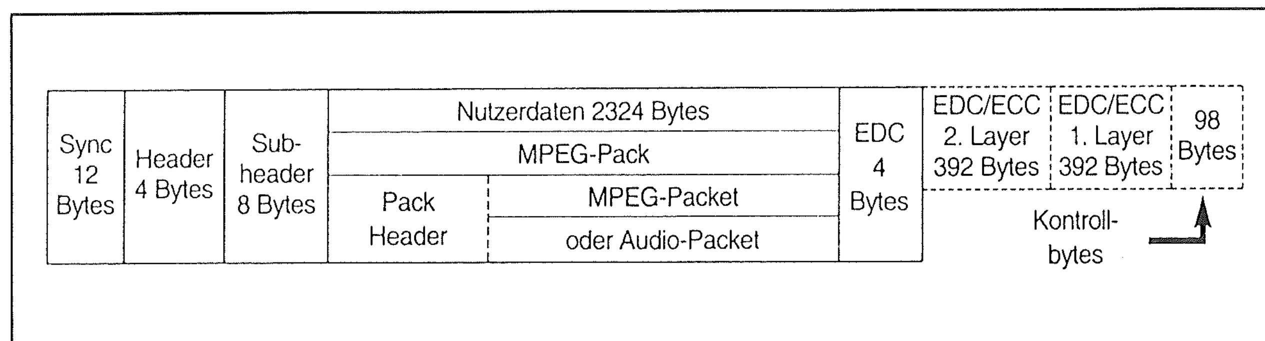
Extra mogelijkheden

Op een PHOTO-CD kan men, naast de gedigitaliseerde foto's, in principe ook de onderstaande gegevens opnemen:

- digitaal geluid volgens de normen van het "Red Book";
- ADPCM-audio volgens de normen van het "Extended Yellow Book".

Dit opent interessante perspectieven voor het samenstellen van uitgebreide multimedia-presentaties.

10.12 De CD-standaarden



Figuur 6/10.12-10: De samenstelling van een sector van een Video-CD.

Het VIDEO-CD formaat

Inleiding

Bij het bespreken van het formaat waarin video- en audiogegevens weggeschreven worden naar een Video-CD onderscheidt men drie verschillende organisatorische lagen:

- sectorstructuur;
- logische structuur;
- gegevensstructuur.

In het kader van dit hoofdstuk zijn alleen de sector- en logische structuur van belang. Deze worden volledig beschreven in het "White Book".

De sectorstructuur

De sectorindeling van een Video-CD voldoet aan de ISO 9660 en CD-ROM XA Form-2 specificaties. Dat betekent dat een dergelijk schijfje zonder problemen uit te lezen is op moderne CD-ROM drives die aan deze specificaties voldoen. Omgezet naar CD-nomenclatuur kan men stellen dat Video-CD's beschreven zijn volgens de CD-ROM XA Mode-2 Form-2 standaard. Bovendien voldoet het formaat aan de normen van de CD-BRIDGE, omdat een VIDEO-CD zowel afspeelbaar is op CD-I apparatuur als op aangepaste CD-ROM drives.

De sector-structuur van een Video-CD

De algemene samenstelling van een sector van een Video-CD is getekend in figuur 6/10.12-10. Hieruit blijkt duidelijk dat het VIDEO-CD formaat inderdaad voldoet aan de CD-ROM XA Form-2 normen. Het enige verschil is de manier waarop de nuttige gegevens in de beschikbare 2.324 byte ruimte ondergebracht worden. Hierin wordt ofwel een MPEG-Pack geschreven, ofwel een Pack Header met het daaropvolgende MPEG-Packet. Deze begrippen zijn uitvoerig verklaard in de "Lees ook"-referenties.

De indeling in track's

De sectoren worden ingedeeld in zogenoemde "track's". Track's bevatten sectoren met identieke informatie, bijvoorbeeld video- of audio-informatie. De modus mag in een track zelfs niet eens veranderen. Men zegt wel eens dat "de kleur van een track niet mag veranderen". Dat betekent dat alle sectoren in een en dezelfde track volgens dezelfde "Book"-specificaties geschreven moeten zijn. De track's zijn via de informatie in de TOC, de "Table Of Contents" toegankelijk. Dat betekent dat het mogelijk is de video-informatie die in een bepaalde track start rechtstreeks te benaderen. Video-CD biedt dus de mogelijkheid niet alleen een lange

speelfilm weer te geven, maar ook talrijke kleine videosequenties, die ieder in een track staan. Iedere track begint met de "Pre-gap", een ongeveer twee seconde durende digitale pause.
In dit gebied worden alleen nullen geschreven. In de eerste track van de Video-CD wordt het besturingsprogramma ondergebracht, de volgens ISO 9660 georganiseerde gegevensstructuur van de CD en optioneel Karaoke-informatie. Vanaf de tweede track volgt dan de video- en audio-informatie.

Het MPC-CD formaat

Eigen standaard
MicroSoft heeft een eigen multimedia-standaard ontwikkeld, die MPC (Multimedia PC) genoemd wordt. In deze standaard zijn uiteraard ook normen opgenomen, waaraan CD-ROM drives moeten voldoen. Hoewel het technisch voor de hand ligt dat hiervoor de specificaties van het "Extended Yellow Book" worden overgenomen, is dit helaas niet gebeurt. In ieder geval is het gelukkig zo dat iedere CD-ROM drive, die voldoet aan de normen van het "Extended Yellow Book" in staat is MPC-CD's zonder problemen af te spelen.

6/10.13

De "Universal Serial Bus", USB

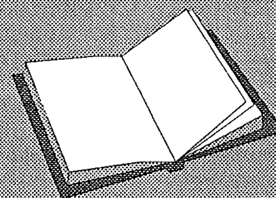
Inleiding
Ieder PC-systeem heeft een heleboel aansluitingen voor het verbinden van het systeem met de noodzakelijke perifere apparatuur:
- een connector voor het toetsenbord;
- een connector voor de muis;
- een connector voor de monitor;
- een parallelle poort;
- twee seriële poorten.

Dit is een situatie die reeds lang velen een doorn in het oog is.
Diverse pogingen zijn ondernomen om een soort doorlussysteem te ontwerpen, waarbij één universele connector op de PC volstaat en alle perifere apparatuur via een doorluskabel op deze connector kan worden aangesloten.

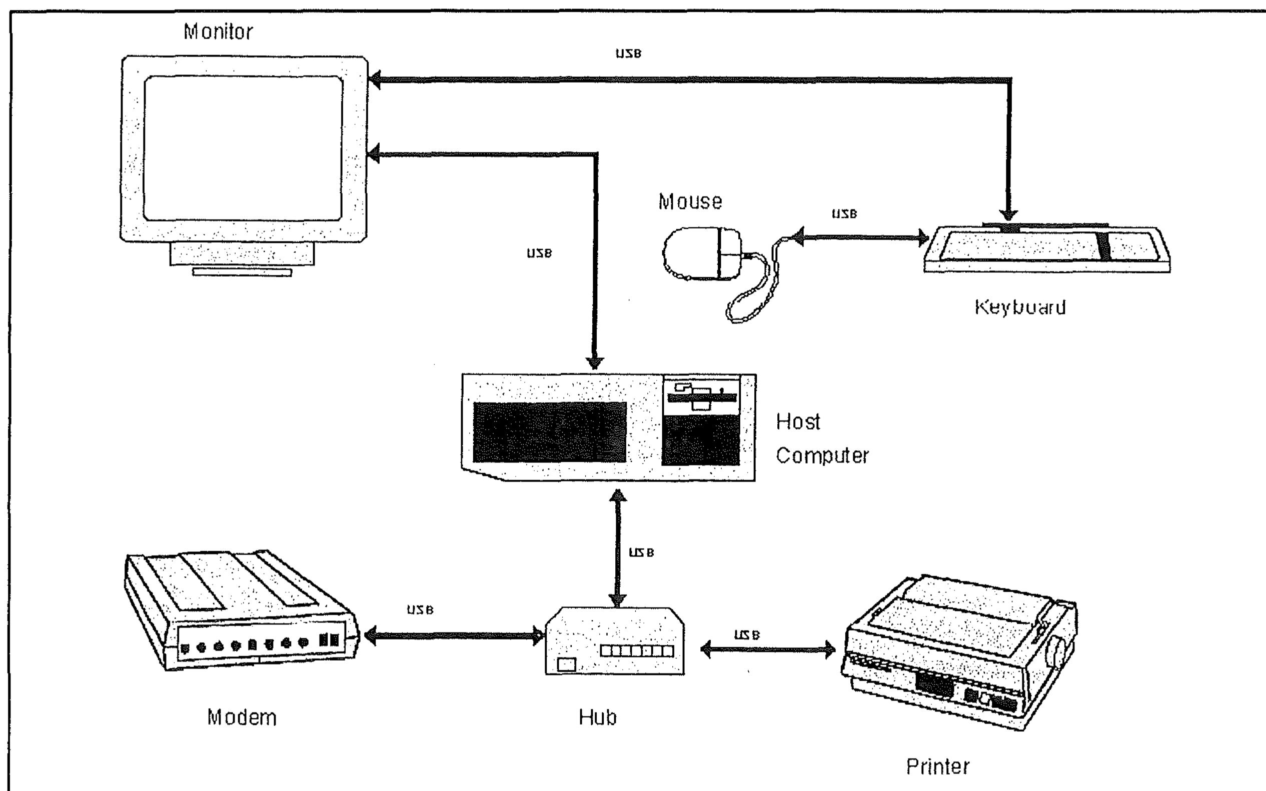
USB, een universele standaard
Nu is er een dergelijk systeem, ontworpen en ondersteund door de groten uit de PC-wereld. USB is de afkorting van "Universal Serial Bus".
Het systeem werd ontworpen door Compaq, IBM, Intel, MicroSoft, NEC en Northern Telecom en werd in de "Universal Serial Bus Specification" van 15 januari 1996 gestandaardiseerd. Alle fabrikanten van moderne moederborden integreren het USB-concept op hun moederborden. Nadien is het wachten op de fabrikanten van muizen, printers, scanners en modems!

Het systeem
Het principe van de USB is getekend in figuur 6/10.13-1. De PC, "host" genoemd, wordt voorzien van één of hoogstens twee USB-connectoren. Alle USB-compatibele apparatuur wordt op deze connectoren aangesloten. Sommige USB-apparatuur heeft minstens twee USB-connectoren (een in- en een uitgang), zodat bijvoorbeeld de monitor, het toetsenbord en de muis via een doorlussysteem op een van de USB-connectoren van de PC aangesloten kunnen worden.
Op de USB-connector past ook een zogenoemde "hub". Via dit kastje kan men diverse randapparatuur, zoals modems, printers, scanners, videocamera's op de tweede USB-connector van de PC aansluiten.

LEES OOK:
Hoofdstuk 6/10.10
Hoofdstuk 6/10.11



10.13 De "Universal Serial Bus", USB



Figuur 6/10.13-1: Het principe van de Universal Serial Bus.

Specificaties

De USB heeft de onderstaande specificaties:

- **Data-snelheid:**
  12 Mb/s maximaal.
- **"Sub-chanelling":**
  Via één USB kunnen diverse zogenoemde "sub-channels" worden aangemaakt die werken met een gereduceerde data-snelheid van 1,5 Mb/s.
- **"Hot plugging":**
  USB-apparaten kunnen op de bus aangesloten worden of van de bus verwijderd worden terwijl de PC in werking is.
- **"Plug and play":**
  De BIOS van het systeem herkent volledig automatisch de op de USB aangesloten apparatuur en stelt desgewenst volledig automatisch device-drivers in.
- **"Low cost":**
  De speciale schakelingen die het verkeer via de USB regelen zijn goedkoop te fabriceren.
- **Universeel:**
  De maximale afstand tussen twee USB-apparaten bedraagt vijf meter.
- **Multimedia compatibel:**
  De USB-standaard voorziet in het real time transport van audio- en videogegevens, die volgens de MPEG-2 of MP3 standaard zijn gecomprimeerd.
- **Flexibel:**
  Op één USB kunnen maximaal 127 perifere schakelingen worden aangesloten.
- **"Compound devices":**
  In een en hetzelfde apparaat kunnen diverse functies worden gecombineerd (bijvoorbeeld printer, scanner en fax), die volledig via één USB-connector aanstuurbaar zijn.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

- **"Multiple data transport":**
  Omdat USB werkt met data-pakketten, voorzien van een adres, kunnen diverse USB-apparaten schijnbaar gelijktijdig met de host communiceren.
- **"Error handling protocol":**
  De gegevens die via de USB worden verstuurd worden pakketgewijs op fouten gecontroleerd.
- **"Fault recovery protocol":**
  Het systeem is in staat foutief verzonden gegevens te herstellen.

Het USB-logo

Apparatuur die USB-compatibel is wordt voorzien van een gestandaardiseerd en geregistreerd logo, dat voorgesteld is in figuur 6/10.13-2.



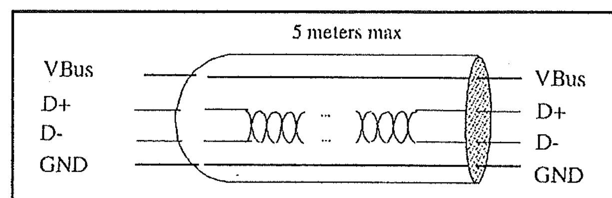
Figuur 6/10.13-2: Het USB-logo, waarvan alle USB-compatibele apparatuur voorzien wordt.

De USB-kabels

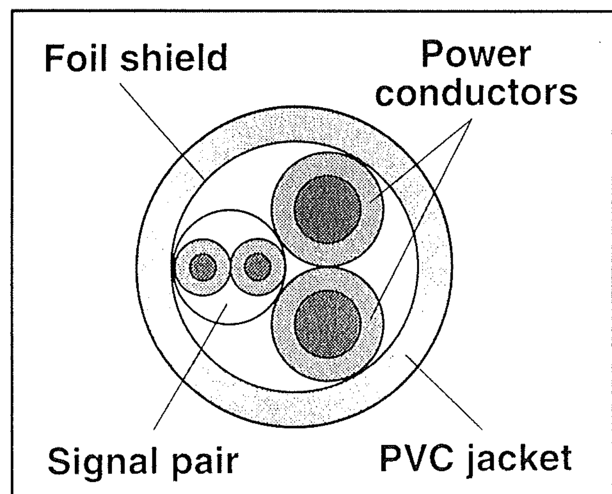
Het USB-systeem werkt met een kabel die slechts vier aders bevat. Zoals uit figuur 6/10.13-3 blijkt, bevat de kabel twee getwiste signaal-aders D+ en D-, een voedings-ader V_{bus} en een massa-ader GND. De USB is dus in staat voedingsspanning naar de aangesloten apparaten te distribueren, er wordt gebruik gemaakt van de standaard voedingsspanning van +5 V. De USB-standaard schrijft de onderstaande kleurencodes voor:

- ader V_{bus}: rood;
- ader GND: zwart;
- ader D+: groen;
- ader D-: wit.

In figuur 6/10.13-4 is een doorsnede door een standaard USB-kabel getekend.



Figuur 6/10.13-3: De USB-kabel bevat vier aders.



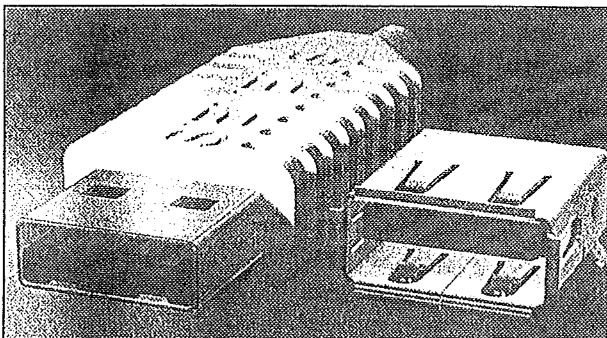
Figuur 6/10.13-4: Een doorsnede door een standaard USB-kabel.

De USB-connectoren

De USB-standaard voorziet in twee soorten connectoren, die A en B genoemd worden. Deze zijn uiteraard vierpolig. Bij de serie-A connectoren liggen de vier contacten in één lijn, zie figuur 6/10.13-5. Bij de serie-B connectoren zitten de vier con-

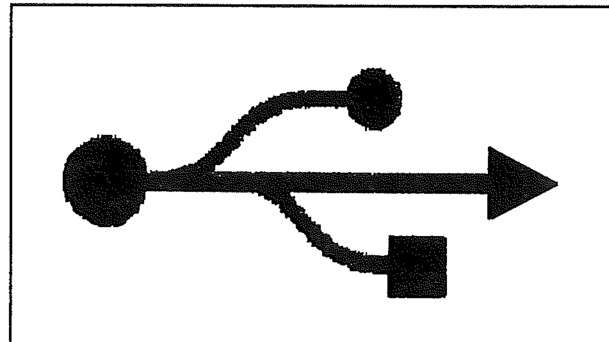
tacten in een vierkantvormige huls. Beide connectoren zijn zo uitgevoerd dat bij het uitpluggen van de connector eerst de data-lijnen worden onderbroken en nadien de voedingslijnen. Bij het inpluggen worden eerste de voedingsverbindingen tot stand gebracht en nadien de dataconnecties. Op deze manier kan men de optie "hot plugging" realiseren zonder dat er gevaar bestaat dat de apparatuur beschadigd wordt.
De aansluitgegevens van beide connectoren zijn als volgt:

- contact 1: V_{bus};
- contact 2: D-;
- contact 3: D+;
- contact 4: GND.



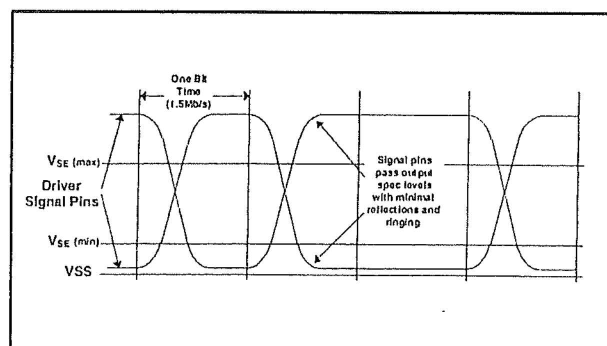
Figuur 6/10.13-5: Een van de gestandaardiseerde connectoren, namelijk type-A.

De kabels en connectoren die volledig voldoen aan alle door de USB-norm voorgeschreven specificaties mogen voorzien worden van het pictogram dat in figuur 6/10.13-6 is voorgesteld. Deze normspecificaties hebben te maken met capacitieve belastingen van de kabels, doorslagspanningen, kabelimpedanties en een heleboel overige zuiver elektrotechnische parameters, die tot in het detail zijn vastgelegd.



Figuur 6/10.13-6: Het USB-icoontje dat op gespecificeerde USB-kabels en connectoren mag worden aangebracht.

De data-signalen
USB werkt met differentiële signalen. Als D+ naar "H" gaat, gaat D- naar "L" en vice versa. Dit kan schematisch voorgesteld worden als getekend in figuur 6/10.13-7. Het maximale spanningsverschil tussen beide data-aders bedraagt aan de zenderzijde maximaal 3 V. De ontvangers moeten in staat zijn een spanningsverschil tussen beide data-aders van slechts 0,2 V nog goed te detecteren. Is de leiding D+ positiever dan de leiding D-, dan wordt deze toestand opgevat als een logische "H". Is D+ negatiever dan D-, dan wordt een logische "L" uitgezonden.

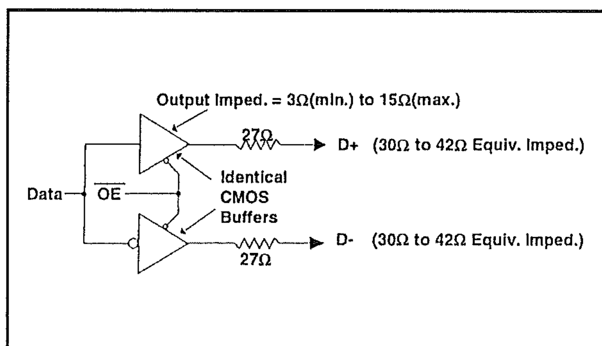


Figuur 6/10.13-7: USB werkt met twee differentiële data-signalen, die op de leidingen D+ en D- worden gezet.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

In de rusttoestand is de logische situatie gelijk aan "H". Dat wil zeggen dat D+ op een spanning van maximaal +3 V staat en D- op een spanning van 0 V.

Lijn-drivers
Een USB-verbinding die op de maximale snelheid van 12 Mb/s werkt moet worden opgebouwd uit een kabel met een eigen impedantie van 90 Ω. De impedantie van de driver mag niet groter zijn dan 44 Ω. In figuur 6/10.13-8 is een typische driverschakeling getekend, die kan worden gebruikt voor het aansturen van de beide D-aders. De CMOS-buffers mogen een maximale eigen impedantie van 15 Ω hebben, hetgeen samen met de serieweerstanden van 27 Ω zorgt voor een totale impedantie van 42 Ω.

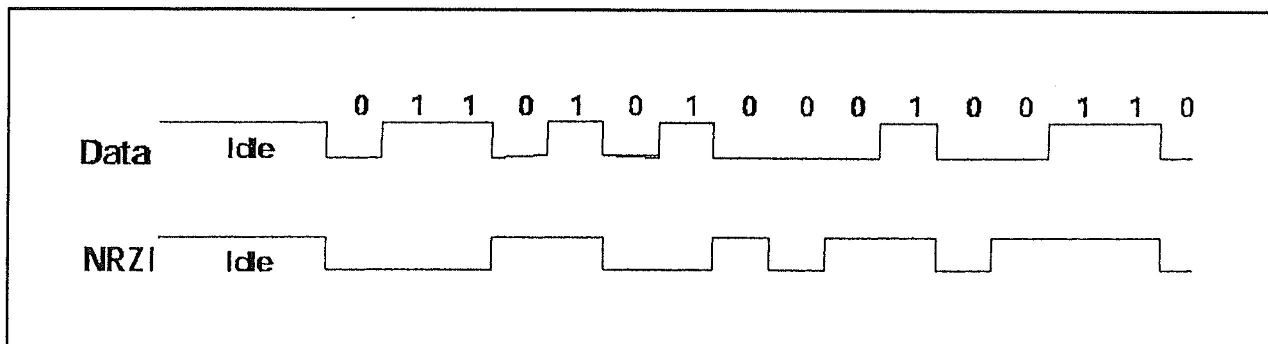


Figuur 6/10.13-8: De typische aansturing van een hoge snelheid USB-kabel door middel van twee drivers.

Data-encoding
De digitale data, dus de opeenvolging van binaire "L" en "H" signalen, wordt niet als dusdanig op de data-lijnen gezet. Er wordt gebruik gemaakt van een encodertechniek, die "NRZI" heet. NRZI is het letterwoord van "Non Return to Zero Invert". Zoals uit het diagram van figuur 6/10.13-9 blijkt, zorgt een "L" data-bit voor een verandering van de polariteit op de D-lijnen en zorgt een "H" data-bit voor geen verandering op de data-lijnen. De opeenvolging van "L-H-H", zoals getekend in de figuur, levert als NRZI-codering een brede puls op. De eerste "L" zorgt immers voor een polariteitswisseling op de lijn, de twee daarop volgende "H" bits laten de polariteit ongewijzigd.

Soorten USD-apparatuur
De USD-specificaties gebruiken een aantal speciale namen voor de apparatuur die op de bus kan worden aangesloten:
- **USB-host:**
  Dit is in de meeste gevallen de PC, de "gastheer" van het volledige USB-systeem.
- **USB-function:**
  Een USB-function is een perifere schakeling, die op de USB wordt aangesloten en kan communiceren met de USB-host. Er zijn diverse soorten functions gedefinieerd:
  - **Bus-powered function:**
    Deze functions betrekken hun volledige voedingsspanning van de USB. Een typisch voorbeeld van een bus-powered function is een muis.
  - **Self-powered function:**
    Dergelijke apparatuur beschikt over een eigen voedingsvoorziening, maar mag wél één eenheidsbelasting vermogen uit de voeding van de bus halen. Dit is noodzakelijk om de USB-interface werkzaam te houden als het apparaat is uitgeschakeld.
- **Hubs:**
  Een hub kan men een verdeler noemen, die via een USB-kabel met de host is verbonden en de USB-signalen via diverse connectoren verdeelt naar functions. De hub werkt hierbij ook als repeater: de schakeling zorgt voor het versterken van de data-signalen alvorens zij verder worden gestuurd.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB



Figuur 6/10.13-9: De NRZI-codering van de bits uit de data-stroom.

In het schema van figuur 6/10.13-1 is het toetsenbord de hub, die de USB-signalen doorstuurt naar de muis. Ook hubs worden onderverdeeld in:

- **Bus-powered hubs:**
  Hierbij wordt het volledige vermogen dat door de hub en de er op aangesloten functions verbruikt wordt uit de voedingsvoorziening van de USB gehaald. Een dergelijke hub mag niet meer dan vijf standaard-belastingen verbruiken, alle op deze hub aangesloten functions moeten kunnen werken met één standaard-belasting.
- **Self-powered hubs:**
  Deze hubs hebben een eigen voedingsvoorziening en mogen maximaal één eenheid-belasting uit de USB halen voor het in bedrijf houden van de USB-interface.

De USB-host

De USB-host communiceert met alle USB-functions via de zogenoemde "host-controller".

De host is verantwoordelijk voor:

- het detecteren van het aansluiten van nieuwe USB-functions;
- het detecteren van de verwijdering van USB-functions;
- het initialiseren van nieuwe USB-functions;
- het verzenden van adres- en controle-signalen naar de functions;
- het regelen van de data-stroom tussen de host en de functions.

De host wordt voorzien van speciale USB-software, die als brug wordt geschakeld tussen de functions en de device-specifieke drivers die reeds aanwezig zijn. Een eigenschap van de USB-software is namelijk dat zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van reeds aanwezige drivers. Fabrikanten van een USB-monitor die werkt volgens het APM-systeem (Advanced Power Management) kunnen de functies hiervan blijven gebruiken.

De USB-functions

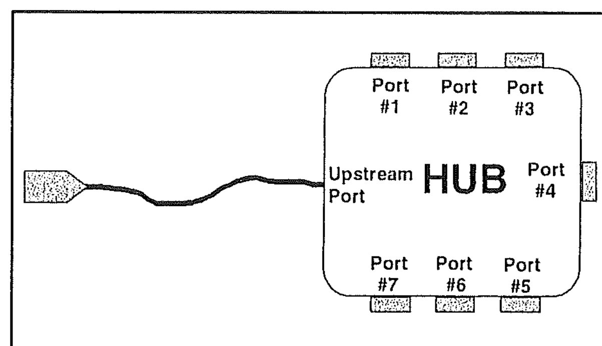
Een function is een USB-apparaat dat gegevens kan ontvangen en/of kan verzenden via de USB. Een function is dus een volledig los staand apparaat dat rechtstreeks wordt verbonden met de USB-host of, wat in de meeste gevallen waarschijnlijker is, wordt verbonden met een zogenoemde "port" op een USB-hub. Iedere function moet een ROM-geheugen hebben, waarin function-specifieke configuratie-informatie en een uniek adres is opgeslagen. Dank zij deze gegevens kan de USB-host de function volledig automatisch configureren, er de gevraagde bandbreedte aan toekennen en de specifieke function-opties installeren.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

Typische voorbeelden van een function zijn:
- een muis;
- een lichtpen;
- een grafisch tablet;
- een toetsenbord;
- een printer;
- een ISDN-adapter.

De USB-hub
USB-hubs vormen een zeer belangrijke schakel in het gehele USB-concept. In figuur 6/10.13-10 wordt het typische uiterlijk van een USB-hub voorgesteld. Hubs dienen als bedradings-concentrators die een host kunnen verbinden met diverse functions. De aansluitconnectoren op de hub worden "Ports" genoemd. Daarnaast heeft een hub een "Upstream Port". Deze poort verbindt de hub met de host. Een USB-hub bestaat uit twee delen: de hub-controller en de hub-repeater. De hubcontroller levert de interface-registers die communicatie met de host mogelijk maken. De hub-repeater is een protocol gestuurde schakelaar/versterker die schakelt tussen de upstream port en de diverse function-ports.

Multi-hub systemen
De USB-specificaties laten toe meer dan een hub in een systeem op te nemen. In figuur 6/10.13-11 is als voorbeeld een praktisch blokschema getekend, zoals een PC-configuratie in het najaar van 1998 er uit zou kunnen zien. De PC werkt natuurlijk als host en heeft een ingebouwde hub met drie ports. Een van de ports stuurt de monitor, die zelf weer een hub heeft met drie ports. Deze besturen de luidsprekers en de microfoon waarmee men de PC gesproken commando's geeft. Een van de monitor-ports wordt doorgekoppeld naar het toetsenbord. Een hub in het toetsenbord met twee ports bestuurt een elektronische pen en de muis. De tweede port van de PC bestuurt een ISDN-adapter met telefoon- en fax-functies. De derde port van de PC stuurt een externe hub, die kan worden gebruikt voor het aansluiten van een scanner en een printer.

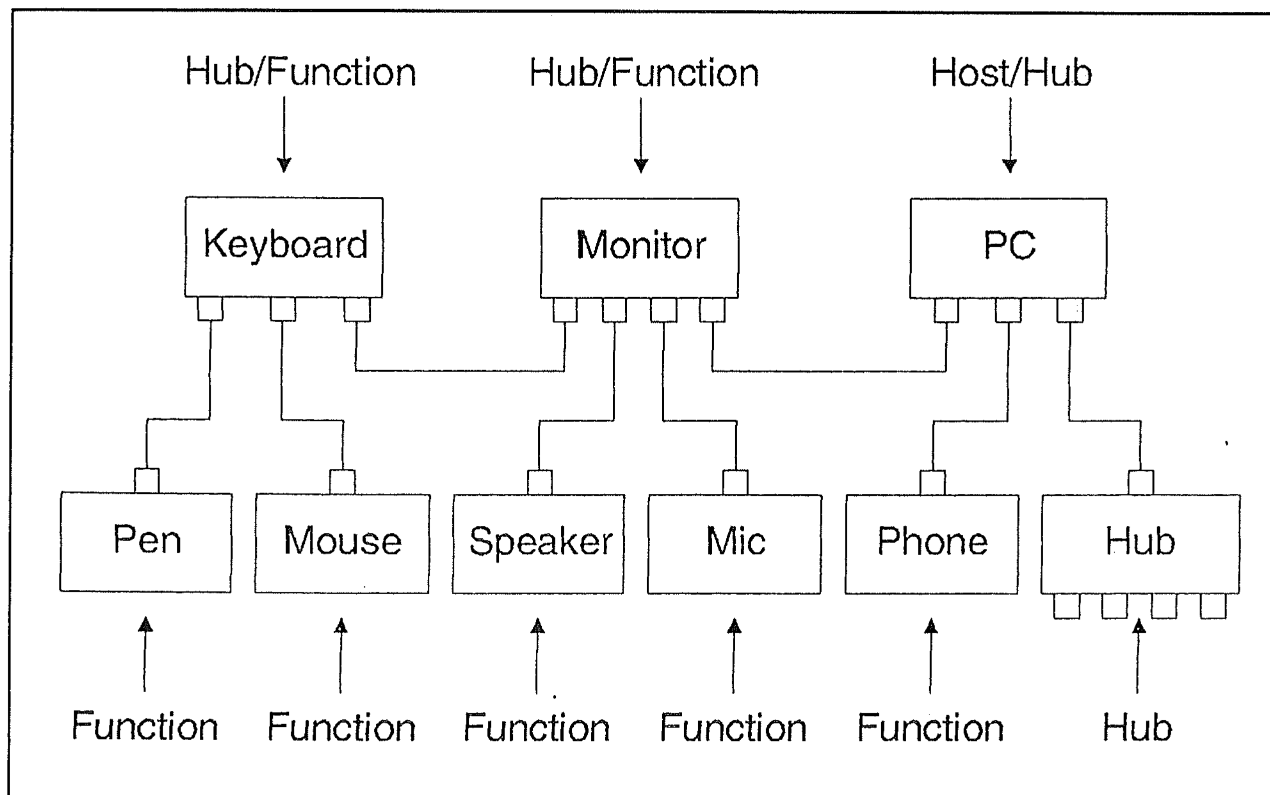


Figuur 6/10.13-10: Via een USB-hub kan men verschillende USB-functions aan de USB-host aansluiten.

Het protocol
Het USB-protocol is zeer gecompliceerd, hetgeen niet zo verbazingwekkend is als men bedenkt dat dit protocol alle datacommunicatie tussen de host en alle aangesloten functions in goede banen moet leiden. Sommige functions zijn smalbandig, bijvoorbeeld een muis, en behoeven niet erg vaak aangesproken te worden. Sommige ports, zoals een videocamera, eisen de volledige bandbreedte van de USB op en moeten dus absolute prioriteit krijgen.

Pipes en polling
Een verbinding tussen de USB-host en een USB-function wordt een "pipe" genoemd. De beschikbare bandbreedte wordt toegekend aan de pipes die op een bepaald moment actief zijn. De prioriteitsverdeling tussen de actieve pipes wordt geregeld door een gecompliceerd polling-mechanisme.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB



Figuur 6/10.13-11: De samenstelling van een PC-systeem, uitgerust met een Universal Serial Bus met diverse hub's, waarbij alle perifere apparatuur via de USB gestuurd wordt.

"Gaten" in datastromen die in feite volcontinu verzonden moeten worden, zoals audio en video, worden opgevuld door de aanwezigheid van buffergeheugens in de zenders en in de ontvangers.

Pakketten

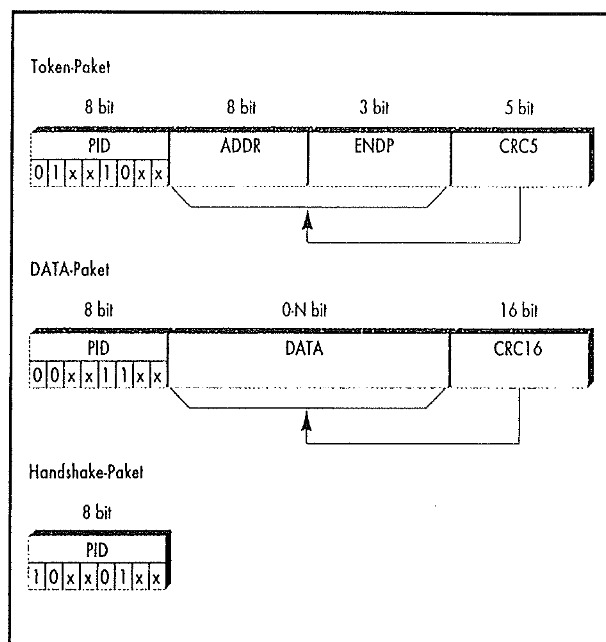
Het verzenden van gegevens over de USB gebeurt pakketgewijs. In wezen bestaan er drie soorten pakketten:

- token-pakketten;
- data-pakketten;
- handshake-pakketten.

De algemene samenstelling van deze pakketten is voorgesteld in figuur 6/10.13-12. De token-pakketten worden uitgezonden door de host. Dergelijke pakketten bevatten een USB-adres, dat specifiek is voor iedere functie. Via deze token-pakketten legt de host vast welke functions op een bepaald moment van de bus gebruik mogen maken en hoe hoog de prioriteit ervan is. Het feit dat niet met interrupts maar met polling wordt gewerkt, is een van de wezenlijke kenmerken van het USB-concept. Het regelmatig afvragen van alle functions kost echter erg veel processortijd, waardoor het noodzakelijk is intelligente USB-controllers in te schakelen in de host.

Ieder polling- en data-pakket bevat een individuele fout-detectie. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het bekende CRC-systeem.

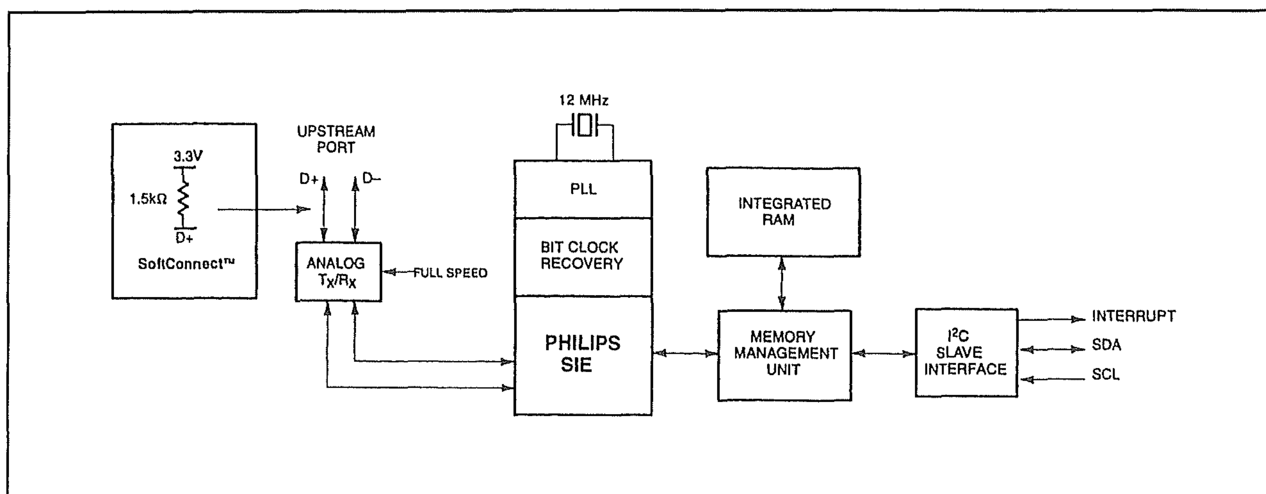
10.13 De "Universal Serial Bus", USB



Figuur 6/10.13-12: Het data-verkeer over de USB gaat pakketgewijs. De informatie in het PID-veld bepaalt het soort pakket dat wordt uitgezonden.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

10.13 De "Universal Serial Bus", USB



Figuur 6/10.13-13: Het intern blokschema van de PDIUSBD11.

Praktijk van de USB

Inleiding

Voor het opbouwen van een Universal Serial Bus staan tegenwoordig zeer complexe IC's ter beschikking, die een interface aanleggen tussen enerzijds een microprocessorsysteem en anderzijds de connectoren van de USB. Als voorbeeld wordt in dit hoofdstuk een vrij moderne USB-hub besproken, de PDIUSBD11A van Philips.

USB-hub met I²C-interface

De PDIUSBD11 is een USB-interface voor gebruik in microcontroller-systemen waarmee via de I²C seriële bus wordt gecommuniceerd. Door deze modulaire aanpak kan de ontwerper vrij kiezen uit het grote aanbod microcontrollers. Doordat deze flexibiliteit het gebruik van de bestaande architectuur en firmware investeringen mogelijk maakt worden de ontwikkeltijd, risico en kosten verminderd. De PDIUSBD11 is niet alleen zeer geschikt voor allerlei toepassingen, zoals computer-monitoren, docking stations, toetsenborden, enzovoorts, maar ook voor die toepassingen die bij uitstek gebruik maken van de I²C of SMBus.
De PDIUSBD11 voldoet aan de USB versie 1.1-specificaties. Het geringe stroomverbruik in de suspend mode en de programmeerbare LazyClock maken implementatie van de APCI, OnNOW en USB Power Management vereisten mogelijk. De PDIUSBD11 is volledig "backward" compatibel met de PDIUSBH11/PDIUSBH11A software.
Bovendien heeft hij verbeteringen zoals SoftConnect, LazyClock, een programmeerbare clock-uitgang, oscillator met lagere frequentie, eindpunten met multipele functie en geïntegreerde afsluitweerstanden.

Technische gegevens

- Universele Seriële Bus (USB), voldoet aan versie 1.1
- voldoet aan ACPI, OnNOW en USB Power Management eisen
- voldoet aan USB Human Interface Devices en Monitor Control Class
- voldoet aan System Management Bus specificatie v. 1.0
- geïntegreerde SIE (Serial Interface Engine), FIFO-geheugen en transceivers

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

PIN DESCRIPTION

PIN NO	PIN SYMBOL	TYPE	DRIVE	DESCRIPTION
1	TEST	Input		Connect to GND for normal operation
2	RESET_N	Input	ST	Power-on reset
3	XTAL1	Input		Crystal connection 1 (12MHz)
4	XTAL2	Output		Crystal connection 2 (12MHz)
5	CLKOUT	Output	3 mA	Programmable output clock for external devices
6	V_{CC}	Power		Voltage supply 3.3V±0.3V
7	SUSPEND	Output	OD6	Device is in suspended state
8	INT_N	Output	OD6	Connect to microcontroller interrupt
9	SDA	I/O	OD6	I^2C bi-directional data
10	SCL	I/O	OD6	I^2C bit-clock
11	GND	Power		Ground reference
12	DP	AI/O		USB D+ connection
13	DM	AI/O		USB D– connection
14	AGND	Power		Analog ground reference
15	AV_{CC}	Power		Analog voltage supply 3.3V±0.3V
16	VBUS	Input		USB VBUS sensing pin

NOTES:
1. Signals ending in _N indicate active LOW signals.
ST: Schmitt Trigger
OD6: Open Drain with 6 mA drive
AI/O: Analog I/O

Figuur 6/10.13-14: De functie van de aansluitpennen.

- automatische USB protocol afhandeling
- high-speed I^2C interface (max. 1 Mbit/s)
- compatibel met PDIUSBH11 software
- met software bestuurbare verbinding met USB-bus (SoftConnect)
- laagfrequente 12 MHz kristal-oscillator
- programmeerbare uitgangs-clockfrequentie
- regelbare LazyClock-uitgang op 24 kHz tijdens suspend
- enkele 3,3 V voeding met 5 V tolerante I/O
- 16-pens DIP en SO-behuizing
- ESD-beveiligd (>8 kV)
- fabrikant: Philips

Intern blokschema en aansluitgegevens

Het intern blokschema van de PDIUSBD11 is voorgesteld in figuur 6/10.13-13. De functie van de aansluitpennen is samengevat in de tabel van figuur 6/10.13-14.

Werking van de PDIUSBD11

Inleiding

Voor de werking wordt verwezen naar het blokschema van figuur 6/10.13-13. De verschillende blokken in het blokschema worden nu afzonderlijk beschreven.

Analog Transceiver

De transceiver kan via enkele afsluitweerstanden worden aangesloten op de USB-kabel. Er kan alleen data worden ontvangen en verzonden op "volle snelheid", dus 12 Mbit/s.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

PLL

Op de chip is een clock-multiplier (PLL) opgenomen die de 12 MHz clock omzet in de benodigde 48 MHz. Hierdoor kan een goedkoop 12 MHz kristal worden gebruikt dat bovendien gunstige EMI-eigenschappen heeft. De PLL werkt zonder externe componenten.

Bit Clock Recovery

Het bit-clock recovery-circuit haalt het clock-signaal uit de binnenkomende USB data-stroom, waarbij gebruik wordt gemaakt van het 4x oversample-principe. Zolang aan de USB-specificaties wordt voldaan hebben jitter en frequentie-drift geen invloed op de goede werking.

Serial Interface Engine (SIE)

De Philips SIE implementeert de volledige USB-protocol laag. Dit blok is compleet in hardware uitgevoerd en heeft geen tussenkomst van firmware nodig. De functies zijn onder andere:
- herkenning van het synchronisatie-patroon;
- parallel/serie-omzetting;
- bit stuffing/destuffing;
- CRC checking/generatie;
- PID verificatie/generatie;
- adres-herkenning;
- handshake evaluatie/generatie.

Memory Management Unit (MMU) en geïntegreerde RAM

De MMU en de geïntegreerde RAM worden gebruikt om het hoofd te bieden aan het grote verschil in data-snelheid tussen de USB (die bursts van 12 Mbit/s verwerkt) en de I^{2}C-interface naar de microcontroller (die 1 Mbit/s kan doen). Hierdoor kan de microcontroller met zijn eigen snelheid USB-pakketjes lezen en schrijven.

I^{2}C Slave Interface

Dit blok implementeert het benodigde I^{2}C-interface protocol. De I^{2}C-slave maakt micro-codering eenvoudiger. Door middel van een interrupt wordt de microcontroller gewaarschuwd wanneer de PDIUSBD11 aan de beurt is. Aangezien de PDIUSBD11 als slaaf werkt is de SCL-lijn van de I^{2}C-clock een ingang die door de microcontroller wordt bestuurd. De maximale snelheid bedraagt 1 Mbit/s.

SoftConnect

De verbinding met de USB komt tot stand door D+ via een 1,5 kΩ weerstand naar V_{cc} op te trekken. De PDIUSBD11 is immers een high-speed USB-schakeling. In de PDIUSBD11 bevindt zich reeds een 1,5 kΩ weerstand die echter nog niet met V_{cc} is verbonden. Deze verbinding wordt pas gemaakt na een commando van de externe/systeem microcontroller. Hierdoor kan de systeemmicrocontroller zijn initialisatie afsluiten voordat besloten wordt de USB in te schakelen. De her-initialisatie van de USB busverbinding kan ook worden beïnvloed zonder dat de kabel is aangesloten. De PDIUSBD11 probeert eerst of de VBUS aanwezig is voordat de USB-verbinding kan worden gemaakt (via de VBUS-pen).

De I^{2}C-verbinding

I^{2}C-interface

De I^{2}C-bus wordt gebruikt om de werking van de USB-schakeling te laten besturen door een externe microcontroller. Om kosten te besparen kan de systeem-microcontroller natuurlijk ook worden gebruikt voor andere functies. De PDIUSPB11 implementeert een slaaf I^{2}C-interface. De PDIUSPB11 geeft een inter-

rupt-signaal af als communicatie met de microcontroller nodig is. De microcontroller verwerkt deze interrupt door via de I^2C-bus het betreffende status-register in de PDIUSPB11 uit te lezen.
Bij de PDIUSPB11 zijn twee verschillende handelingen mogelijk:

- Command transaction:
  Deze handeling wordt gebruikt om vast te stellen welke data (bijvoorbeeld een status-byte, buffer data, enz.) bij de volgende data-overdracht naar de USB-interface zal worden gelezen/ geschreven. Na een command transaction volgt meestal een data-transaction.
- Data transaction:
  Bij een data-transactie wordt data naar de USB-interface geschreven of daaruit uitgelezen. De betekenis van de data is afhankelijk van de command transaction die ervoor werd verzonden.

Om onderscheid te maken tussen command- en data-transactions worden er twee adressen gebruikt, zie de tabel van figuur 6/10.13-15. Het schrijven naar het commando-adres wordt opgevat als commando, terwijl lezen/schrijven van/naar het data-adres wordt gebruikt om data tussen de PDIUSBD11 en de controller over te brengen.

Protocol

Een I^2C-transactie begint met een startconditie gevolgd door een adres. Als het adres overeenkomt met het commando- of het data-adres begint de transactie die doorgaat tot het optreden van een stopconditie of nog een start-conditie (herhaalde start). Het commando-adres is "write-only" en kan dus niet worden uitgelezen. De volgende bytes van het bericht worden opgevat als commando's. Er kunnen meerdere command-bytes achter elkaar naar het commando-adres worden gestuurd. Elk command-byte wordt bevestigd en doorgestuurd naar de Memory Management Unit in de PDIUSBD11.
Als het adres van de startconditie overeenkomt met het data-adres, worden de volgende bytes opgevat als data. Wanneer het RW-bit in het adres "0" is ("master schrijft data naar slave") worden de bytes ontvangen, bevestigd en doorgegeven naar de MMU. Als het RW-bit "1" is ("master leest data uit slave") zendt de PDIUSBD11 data naar de master. De I^2C-master moet alle databytes bevestigen, behalve de laatste. Op deze wijze weet de I^2C-interface wanneer het laatste byte is verzonden, waarna hij de SDA-lijn vrijgeeft zodat de mastercontroller de stopconditie kan genereren. Bij "herhaalde start" kan nog een pakket worden verzonden zonder opwekking van een stopconditie.

Type of Address	Physical Address MSB to LSB (Binary)
Command	0011 011
Data	0011 010

Figuur 6/10.13-15: De adrestabel van de I^2C-besturing.

Timing

De I^2C-interface in de PDIUSBD11 is geschikt voor clock-snelheden tot 1 MHz.

Commando-beschrijvingen

Er zijn drie typen commando's: initialisatie, data-flow en algemene commando's. Sommige commando's hebben dezelfde commando-code (bijvoorbeeld Read Buffer en Write Buffer). In deze gevallen bepaalt de richting van de data-fase (lezen of schrijven) welk commando wordt uitgevoerd. Een volledig overzicht van alle commando's is gegeven in de tabel van figuur 6/10.13-16.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

COMMAND NAME	RECIPIENT	CODING	DATA PHASE
	Initialization Commands		
Set Address/Enable	Function	D1h	Write 1 byte
Set Endpoint Enable	Function	D8h	Write 1 byte
Set Mode	Function	F3h	Write 2 byte
	Data Flow Commands		
Read Interrupt Register		F4h	Read 2 bytes
Select Endpoint	Control OUT Endpoint	00h	Read 1 byte (optional)
	Control IN Endpoint	01h	Read 1 byte (optional)
	Other Endpoints	00h+ Endpoint Index	Read 1 byte (optional)
Read Last Transaction Status	Control OUT Endpoint	40h	Read 1 byte
	Control IN Endpoint	41h	Read 1 byte
	Other Endpoints	40h+ Endpoint Index	Read 1 byte
Read Endpoint Status	Control OUT Endpoint	80h	Read 1 byte
	Control IN Endpoint	81h	Read 1 byte
	Other Endpoints	80h+ Endpoint Index	Read 1 byte
Read Buffer	Selected Endpoint	F0h	Read n bytes
Write Buffer	Selected Endpoint	F0h	Write n bytes
Set Endpoint Status	Control OUT Endpoint	40h	Write 1 byte
Set Endpoint Status	Control IN Endpoint	41h	Write 1 byte
	Other Endpoints	40h+ Endpoint Index	Write 1 byte
Acknowledge Setup	Selected Endpoint	F1h	None
Clear Buffer	Selected Endpoint	F2h	None
Validate Buffer	Selected Endpoint	FAh	None
	General Commands		
Send Resume		F6h	None
Read Current Frame Number		F5h	Read 1 or 2 bytes

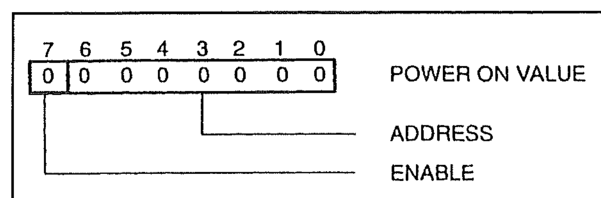
Figuur 6/10.13-16: Overzicht van alle beschikbare commando's.

Initialisatie-commando's

Set Address/Enable

Dit commando wordt gebruikt om het aangewezen USB-adres in te stellen en de functie vrij te geven.

- Address:
  De waarde wordt het adres.
- Enable:
  Een "1" geeft deze functie vrij.



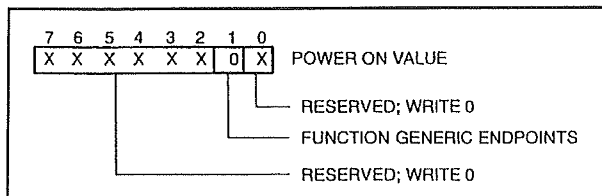
Figuur 6/10.13-17: De samenstelling van het Set Adress/Enable byte.

Set Endpoint Enable

De generieke eindpunten kunnen alleen worden vrijgegeven als de functie via het

Set Adress/Enable-commando is vrijgegeven. De samenstelling van dit byte is gegeven in figuur 6/10.13-17.

- Function Generic Endpoint:
  Een "1" geeft aan dat de generieke eindpunten van de functie zijn vrijgegeven.

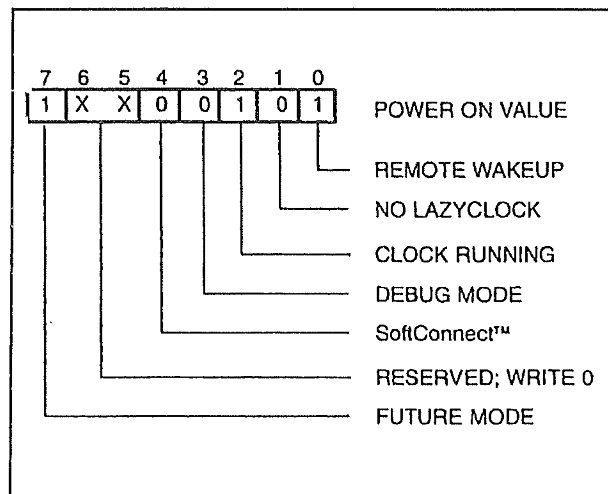


Figuur 6/10.13-18: De samenstelling van het Set Endpoint Enable byte.

Set Mode

Het Set Mode commando wordt gevolgd door twee data-writes. Het eerste byte bevat de configuratie byte-waarden, het tweede byte is het clock-deelfactor byte. De samenstelling van dit byte is voorgesteld in figuur 6/10.13-18.

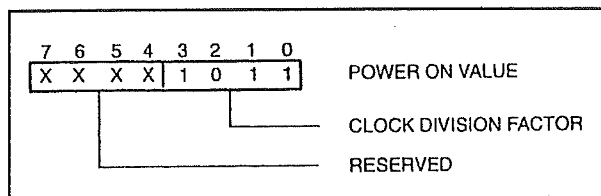
- Remote Wake-up:
  Een "1" geeft aan dat een remote wake-up is ingeschakeld (wordt ook ingeschakeld door Bus reset).
- No LazyClock:
  Een "1" geeft aan dat CLKOUT niet wordt overgeschakeld naar LazyClock; een "0" signaleert dat de CLKOUT 1 ms na het HOOG gaan van de Suspend-pen overschakelt naar LazyClock. De LazyClock-frequentie is 24 kHz. De geprogrammeerde waarde wordt niet veranderd door een Bus reset.
- Clock Running:
  Een "1" geeft aan dat de interne clock's en PLL altijd werken, zelfs in de Suspend toestand. Een "0" signaleert dat de interne clock, kristal-oscillator en PLL zijn gestopt. Om aan de echte eisen betreffende het Suspend stroomverbruik te voldoen moet dit bit op "0" worden gezet. Een bus reset heeft geen invloed op de geprogrammeerde waarde.



Figuur 6/10.13-19: De samenstelling van het Configuratie byte.

- Debug Mode:
  Een "1" betekent dat alle fouten en "NAKing" (Negative Acknowledge Character) worden gerapporteerd, terwijl een "0" aangeeft dat alleen OK en babbling (overspraak) worden gerapporteerd. De geprogrammeerde waarde wordt niet beïnvloed door een bus reset.
- SoftConnect:
  Een "1" geeft aan dat de upstream optrekweerstand zal worden aangesloten als VBUS aanwezig is. Een "0" betekent dat de upstream weerstand niet zal worden aangesloten. Een bus reset heeft geen invloed op de geprogrammeerde waarde.
- FutureMode:
  Schrijf een "1".
- Clock Division Factor:
  De waarde komt overeen met de clock-deelfactor voor CLKOUT. De uitgangsfrequentie is 48 MHz/(N+1), waarin N

de deelfactor is. Met de resetwaarde van 11 wordt een frequentie van 4 MHz geproduceerd die door de gebruiker omhoog of omlaag kan worden geprogrammeerd (4 tot 24 MHz). De PDI-USBD11 is zo ontworpen dat tijdens de frequentieverandering geen glitches optreden. Een bus reset heeft geen invloed op de geprogrammeerde waarde. De samenstelling van dit byte is weergegeven in figuur 6/10.13-19.



Figuur 6/10.13-20: Het Clock Division Factor byte.

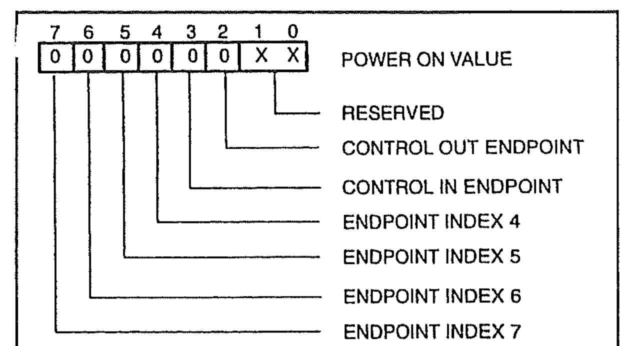
Data Flow-commando's

Inleiding

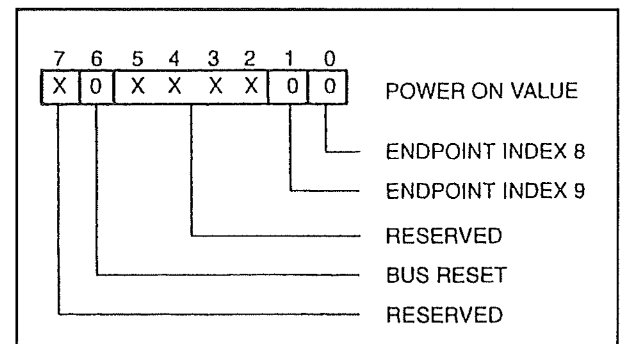
Data Flow-commando's worden gebruikt om het datatransport tussen de USB-eindpunten en de monitor te beheren. Een groot deel van de data-overdracht wordt via een interrupt naar de microcontroller geïnitieerd. De microcontroller gebruikt deze commando's om toegang te krijgen tot de eindpunt-FIFO's en om te bepalen of deze geldige data hebben.

Read Interrupt Register

Dit commando geeft aan waar een interrupt vandaan komt (er worden 2 bytes gelezen). Een "1" signaleert dat op dit eindpunt een interrupt optrad. De bits worden gecleared door het uitlezen van het eindpunt-statusregister door middel van het Read Endpoint Status Command. Na een bus reset wordt een interrupt gegenereerd en zal bit6 van het Interrupt Register Byte 2 "1" worden. De interrupt wordt intern gecleared door uitlezen van het interrupt register. Een bus reset is volkomen gelijk aan de hardware reset door middel van de RESET_N-pen. Er is alleen verschil in interrupt-melding.
De samenstelling van de Interrupt Register byte2 is gegeven in de figuren 6/10.13-21 en -22.



Figuur 6/10.13-21: Interrupt Register Byte 1.

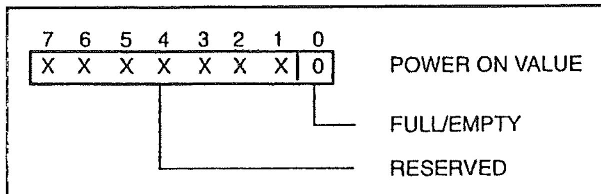


Figuur 6/10.13-22: Interrupt Register Byte 2.

Select Endpoint

Het Select Endpoint commando initialiseert een interne pointer naar het begin van de geselecteerde buffer. Het is mogelijk dit commando te laten volgen door een data read die "0" teruggeeft als de buffer leeg is en "1" als de buffer vol is.
– Full/Empty:

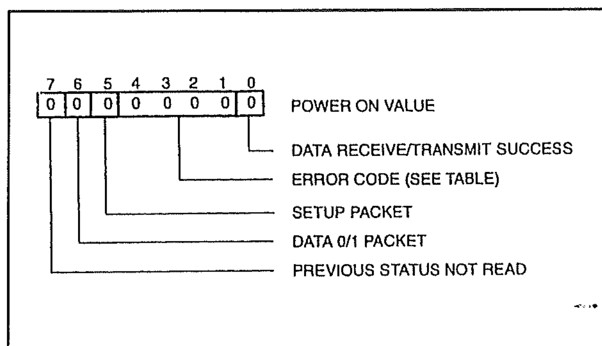
Een "1" geeft aan dat de buffer vol is ("0" bij een lege buffer).



Figuur 6/10.13-23: Een door Select Endpoint geselecteerde buffer.

Read Last Transaction Status

Het Read Last Transaction Status commando wordt gevolgd door éénmaal data uitlezen dat de status van de laatste transactie van het eindpunt weergeeft. Dit commando reset ook de overeenkomende interrupt-vlag in het interrupt-register en cleart de status waardoor wordt aangegeven dat deze werd uitgelezen. Dit commando is nuttig voor debug-doeleinden. Aangezien elke handeling wordt bijgehouden wordt de status-informatie bij elke nieuwe transactie overschreven.



Figuur 6/10.13-24: Status van de laatste transactie.

- Data Receive/Transmit Success:
  Een "1" geeft aan dat data met succes werd ontvangen of verzonden.
- Error Code:
  Zie de tabel van figuur 6/10.13-25
- Setup Packet:
  Een "1" geeft aan dat het laatste, met succes ontvangen pakket een SETUP token bevatte (voor IN-buffers wordt altijd een "0" gelezen).
- Data 0/1 Packet:
  Een "1" geeft aan dat het laatste, met succes ontvangen of verzonden pakket een DATA1 PID had.
- Previous Status not Read:
  Een "1" geeft aan dat een tweede gebeurtenis plaatsvond voordat de vorige status werd gelezen.

ERROR CODE	RESULT
0000	No Error
0001	PID encoding Error; bits 7–4 are not the inversion of bits 3–0
0010	PID unknown; encoding is valid, but PID does not exist
0011	Unexpected packet; packet is not of the type expected (= token, data or acknowledge), or SETUP token to a non-control endpoint
0100	Token CRC Error
0101	Data CRC Error
0110	Time Out Error
0111	Babble Error
1000	Unexpected End-of-packet
1001	Sent or received NAK
1010	Sent Stall, a token was received, but the endpoint was stalled
1011	Overflow Error, the received packet was longer than the available buffer space
1101	Bitstuff Error
1111	Wrong DATA PID; the received DATA PID was not the expected one

Figuur 6/10.13-25: Fout-codes.

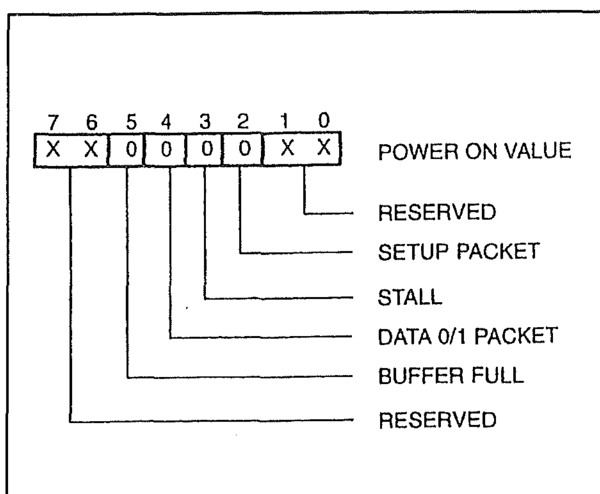
Read Endpoint Status

Om de status van een eindpunt te bepalen wordt 1 byte uitgelezen.

- Setup Packet:
  Een "1" geeft aan dat het laatst ontvangen pakket een SETUP token had.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

- STALL:
  Een "1" geeft aan dat het eindpunt is vastgelopen.
- Data 0/1 Packet:
  Een "1" geeft aan dat het laatst ontvangen of verzonden pakket een DATA1 PID bevatte.
- Buffer Full:
  Een "1" geeft aan dat het buffer vol is.



Figuur 6/10.13-26: Status van het eindpunt.

Read Buffer

Het Read Buffer-commando wordt gevolgd door een aantal maal het uitlezen van data (maximaal 10 bytes), waardoor telkens de inhoud van het geselecteerde eindpunt-databuffer wordt meegenomen. Na elke uitlezing wordt de interne buffer-pointer met 1 verhoogd. De buffer-pointer wordt door dit commando niet gereset, zodat het lezen of schrijven van een buffer door een willekeurig commando mag worden onderbroken (behalve Select Endpoint). Ook kunnen meer dan één I^2C-transacties plaatsvinden (lees de eerste 2 bytes om het aantal data-bytes te bepalen en lees daarna de rest uit met andere transacties).

De data in de buffer is als volgt georganiseerd:

- Byte 0:
  Gereserveerd (mag elke waarde hebben)
- Byte 1:
  Aantal/lengte van de data-bytes
- Byte 2:
  Data-byte 1
- Byte 3: data-byte 2
- ....

Write Buffer

Het Write Buffer-commando wordt ook gevolgd door meerdere data-schrijfhandelingen (maximaal 10 bytes) naar de eindpunten-buffer. De data moet op dezelfde manier zijn georganiseerd als hiervoor beschreven bij het Read Buffer-commando. Het eerste byte (gereserveerd) moet altijd "0" zijn. Net als bij het Read Buffer-commando mag de data worden verdeeld over verschillende I^2C datatransacties.

WAARSCHUWING

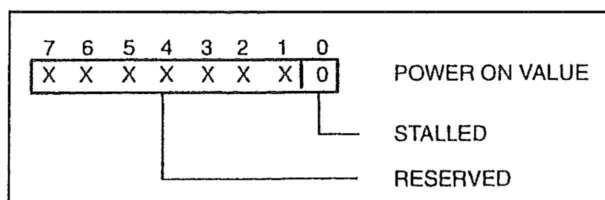
Er zijn geen beveiligingen tegen het overschrijden van de grenzen van een buffer bij schrijven of lezen of tegen het schrijven in een OUT-buffer of lezen van een IN-buffer.

Clear Buffer

Wanneer een pakket compleet is ontvangen wordt een interne eindpunt buffervlag gezet.
Alle daarop volgende pakketten worden geweigerd en geven een NAK (Negative Acknowledge) af.
Als de microcontroller de data heeft gelezen moet hij de buffer vrijmaken door middel van het Clear Buffer-commando, waarna nieuwe pakketten weer worden geaccepteerd.

Validate Buffer
Als de microcontroller data naar een IN-buffer heeft geschreven moet hij door middel van het Validate Buffer commando de buffer-full vlag zetten. Dit geeft dan aan dat de data in de buffer geldig is en naar de host kan worden gezonden als de volgende IN-token wordt ontvangen.

Set Endpoint Status
Een vastgelopen besturings-eindpunt wordt automatisch losgemaakt als het een SETUP-token ontvangt (onafhankelijk van de inhoud van het pakket). Als een vastgelopen eindpunt wordt vrijgemaakt (door een Set Endpoint Status-commando of door ontvangst van een SETUP-token) wordt dit ook opnieuw geïnitialiseerd. Hierdoor wordt de buffer leeg gemaakt en als het een OUT-buffer was, wacht het op een DATA O PID en als het een IN-buffer was, schrijft het een DATA O PID. Zelfs bij een niet-vastgelopen eindpunt initialiseert het schrijven van een "0" naar de Set Endpoint Status het eindpunt.
- Stalled:
  Een "1" geeft aan dat het eindpunt is vastgelopen.



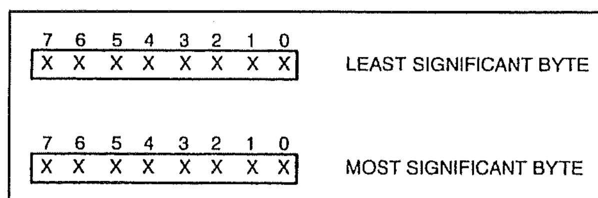
Figuur 6/10.13-27: Set Endpoint Status.

Acknowledge Setup
Het binnenkomen van een SETUP pakket maakt het IN-buffer leeg en spert de Validate Buffer- en Clear Buffer-commando's voor zowel de IN als OUT eindpunten. De microcontroller moet deze commando's opnieuw vrijgeven door middel van het Acknowledge Setup commando. Dit garandeert dat het laatste SETUP pakket in het buffer blijft en dat geen enkel pakket wordt teruggestuurd naar de host totdat de microcontroller expliciet heeft bevestigd dat hij het SETUP pakket heeft gezien. De microcontroller moet het Acknowledge Setup-commando naar de IN en OUT eindpunten sturen.

Algemene commando's

Send Resume
Dit commando stuurt gedurende 10 ms een upstream resume-signaal uit. Het RESUME-commando wordt niet gevolgd door lezen of schrijven van data.

Read Current Frame Number
Dit commando wordt gevolgd door één of twee uitlezingen van data en geeft dan informatie over het frame-nummer van het laatst succesvol ontvangen SOF (met de Least Significant Byte eerst).



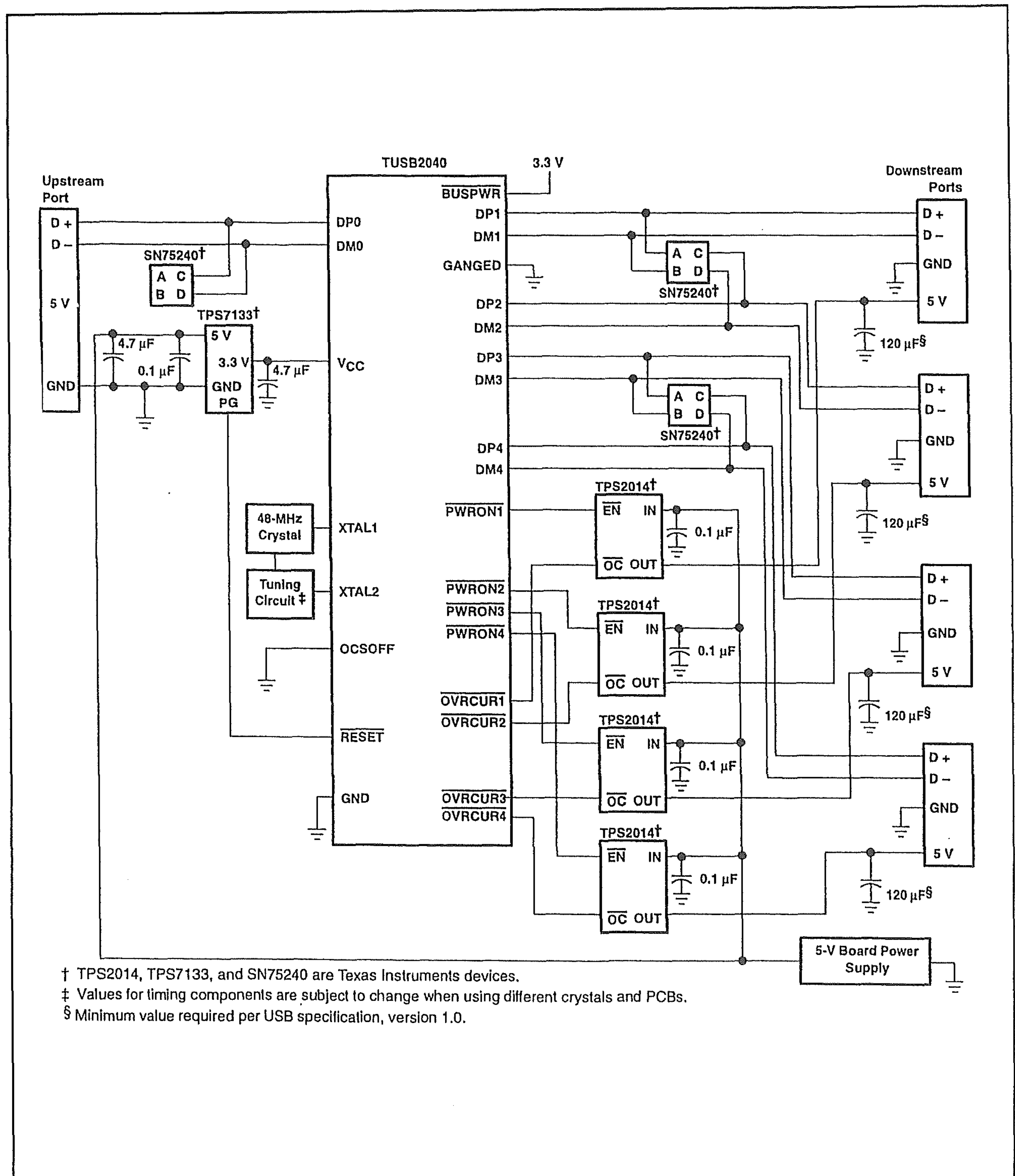
Figuur 6/10.13-28: Informatie over het lopende framenummer.

Praktische schakelingen

Op de volgende pagina's wordt een aantal voorbeelden gegeven van praktische schakelingen rond de USB-IC's van Philips.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

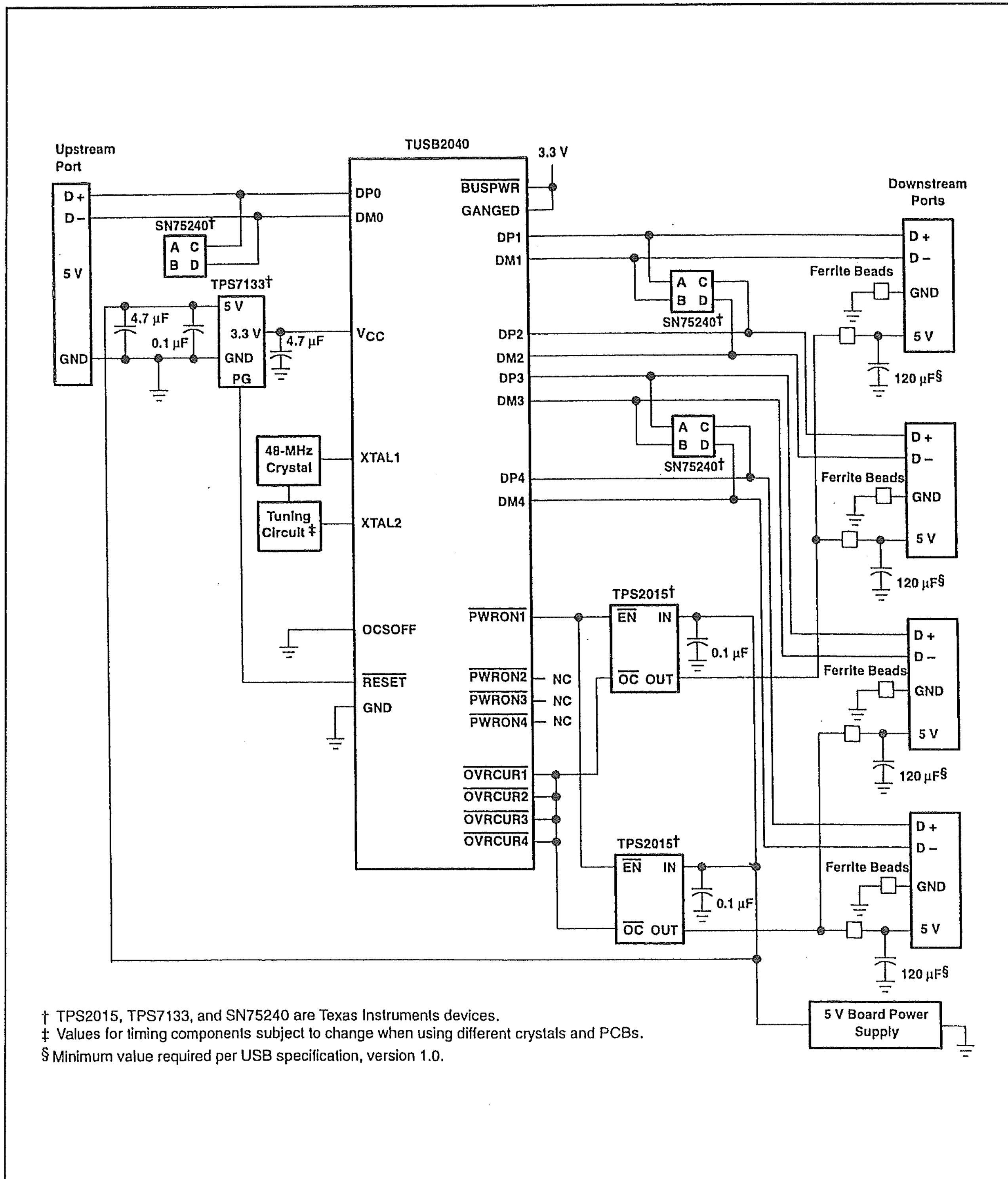
TUSB2040 (1)



Figuur 6/10.13-29: Hub met individueel power management.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

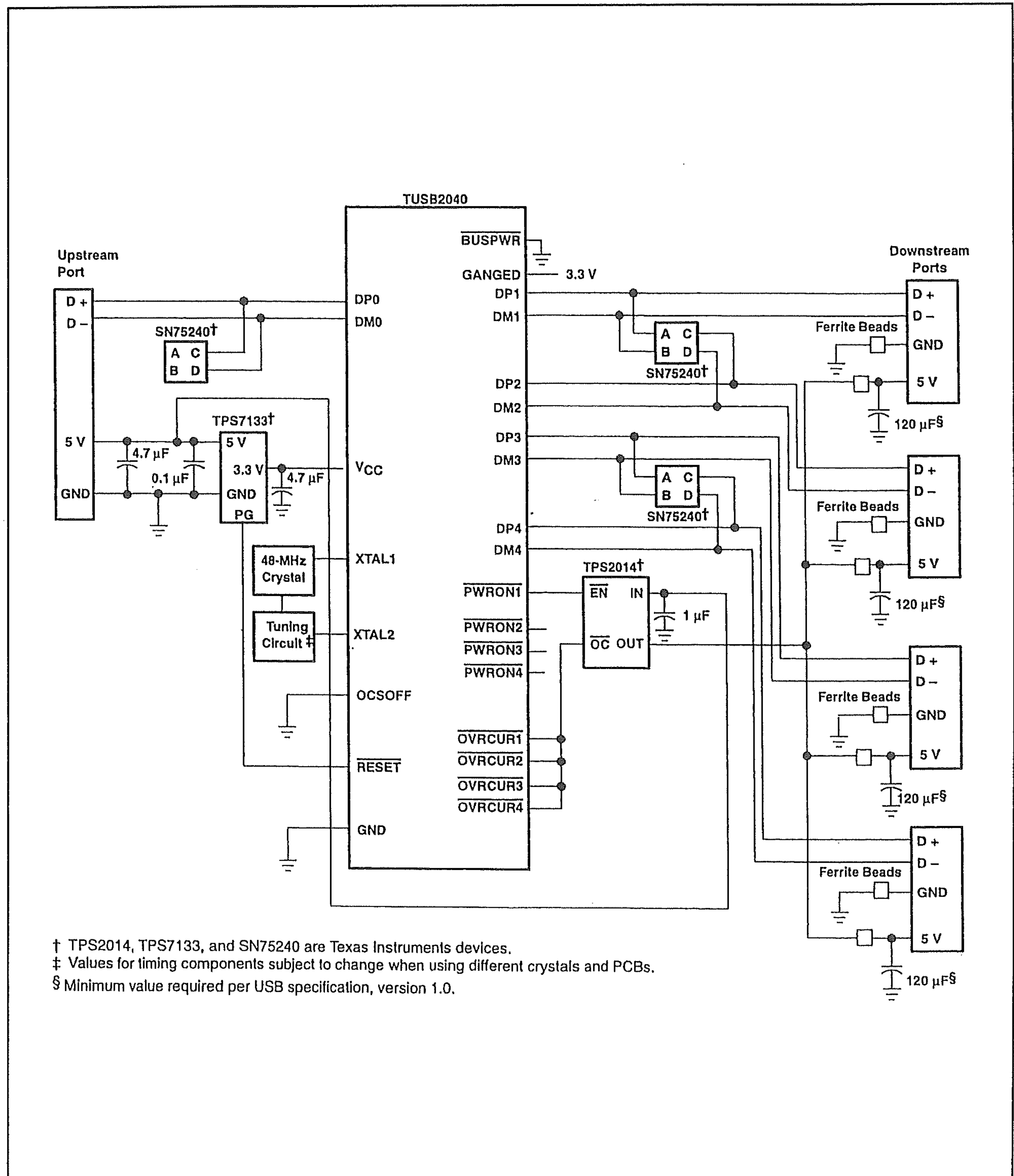
TUSB2040 (2)



Figuur 6/10.13-30: Hub met gemeenschappelijk power management.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

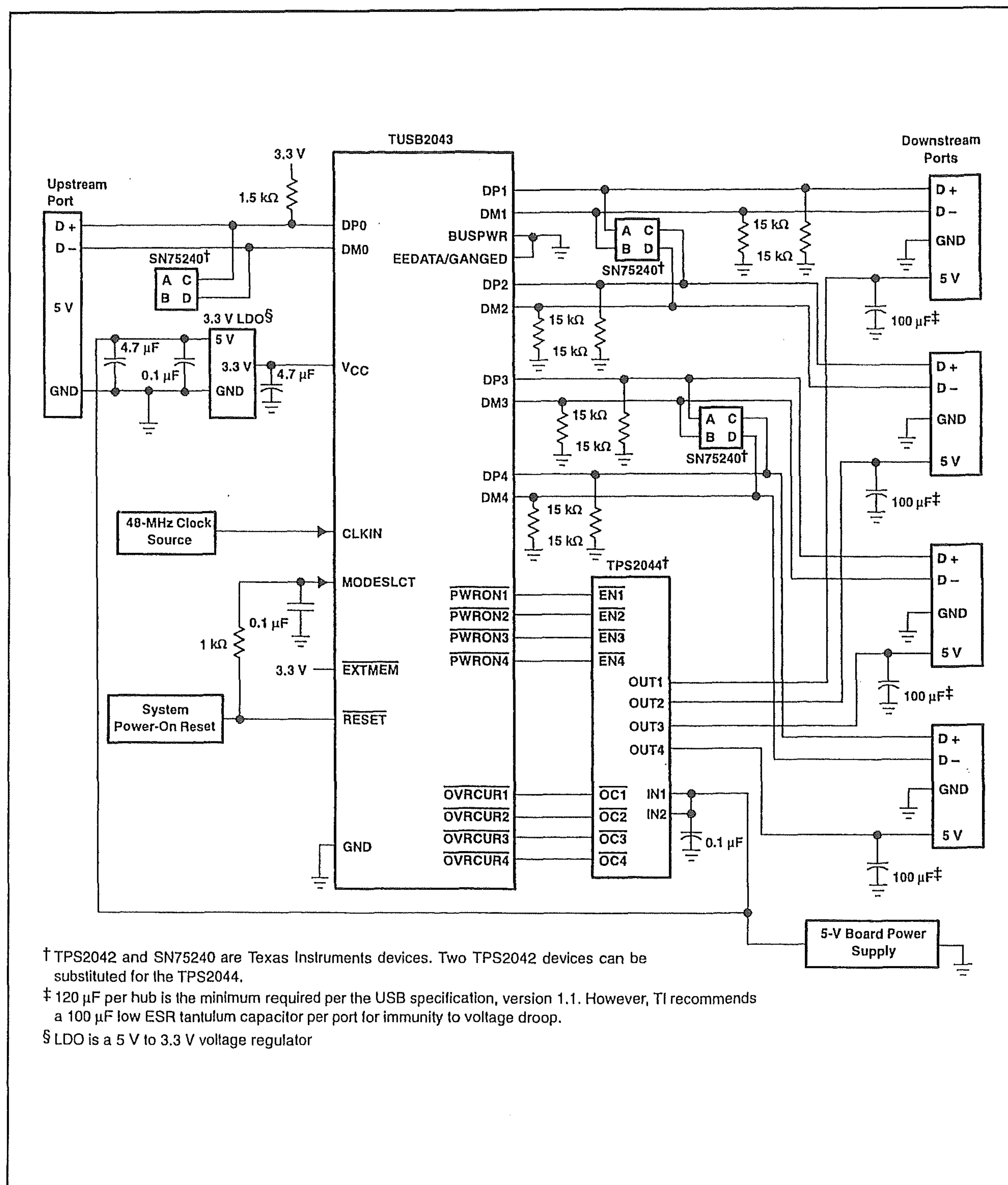
TUSB2040 (3)



Figuur 6/10.13-31: Hub met gemeenschappelijk power management.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

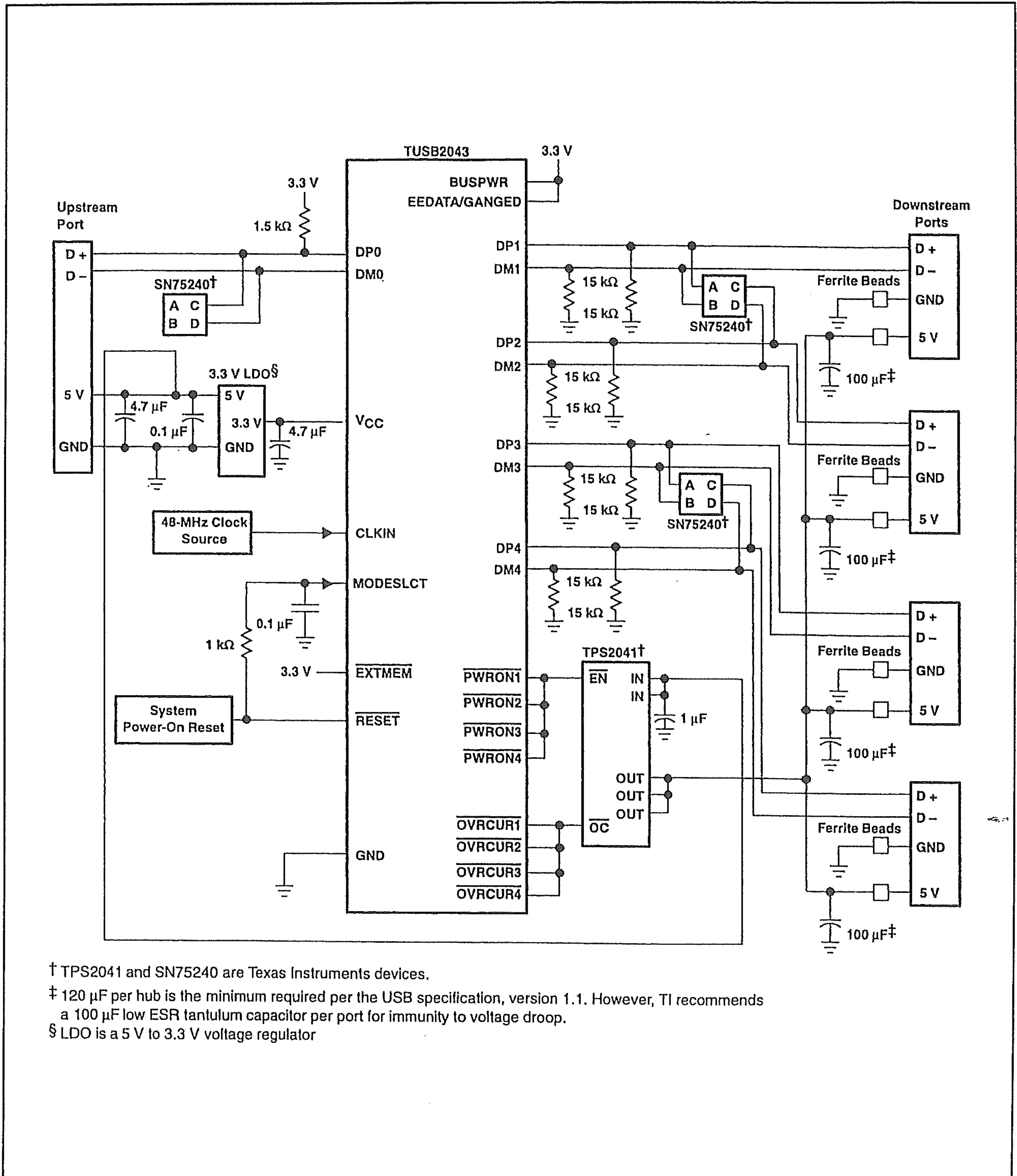
TUSB2043 (1)



Figuur 6/10.13-32: Hub met individueel power management.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

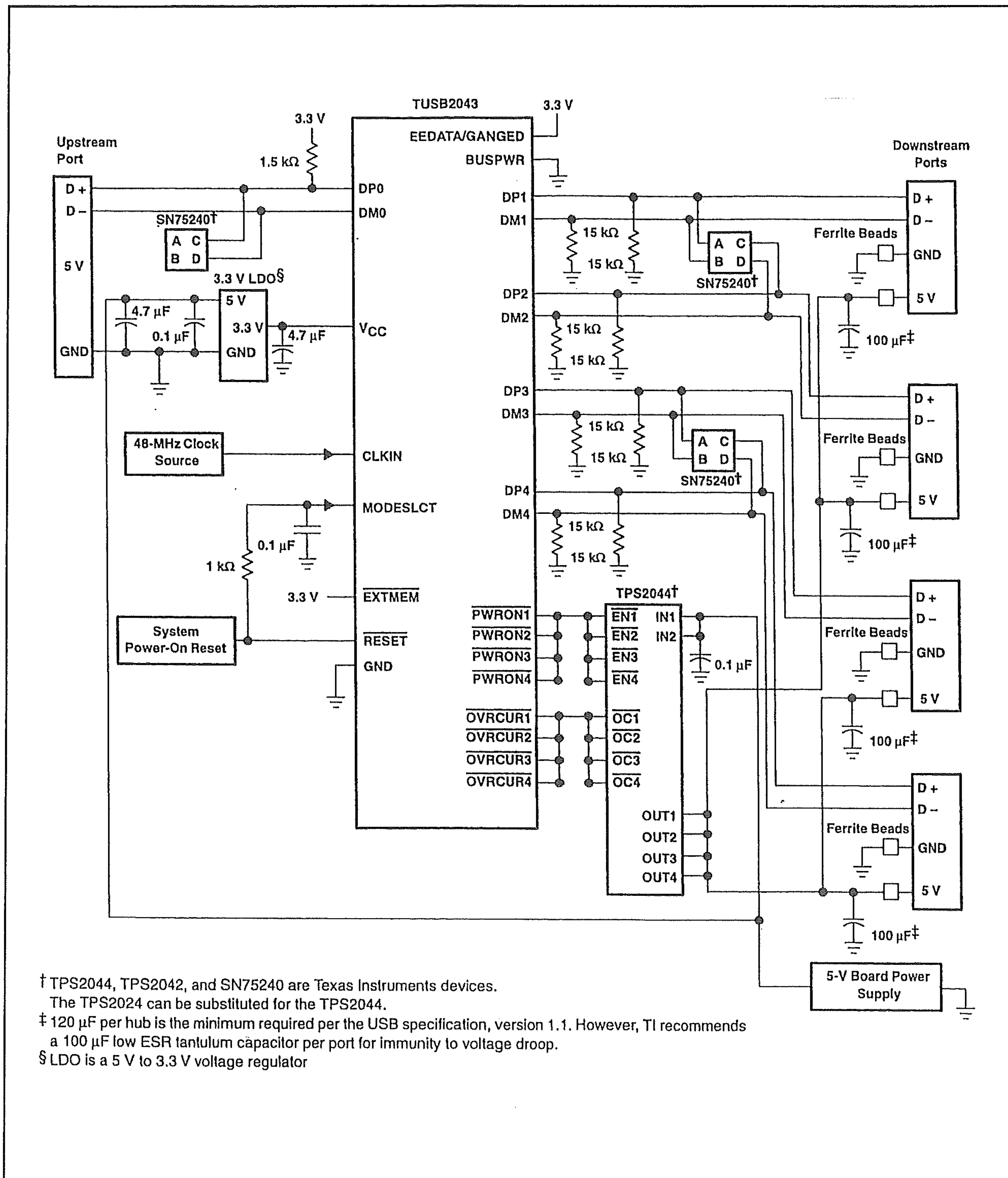
TUSB2043 (2)



Figuur 6/10.13-33: Hub met gemeenschappelijk power management.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

TUSB2043 (3)

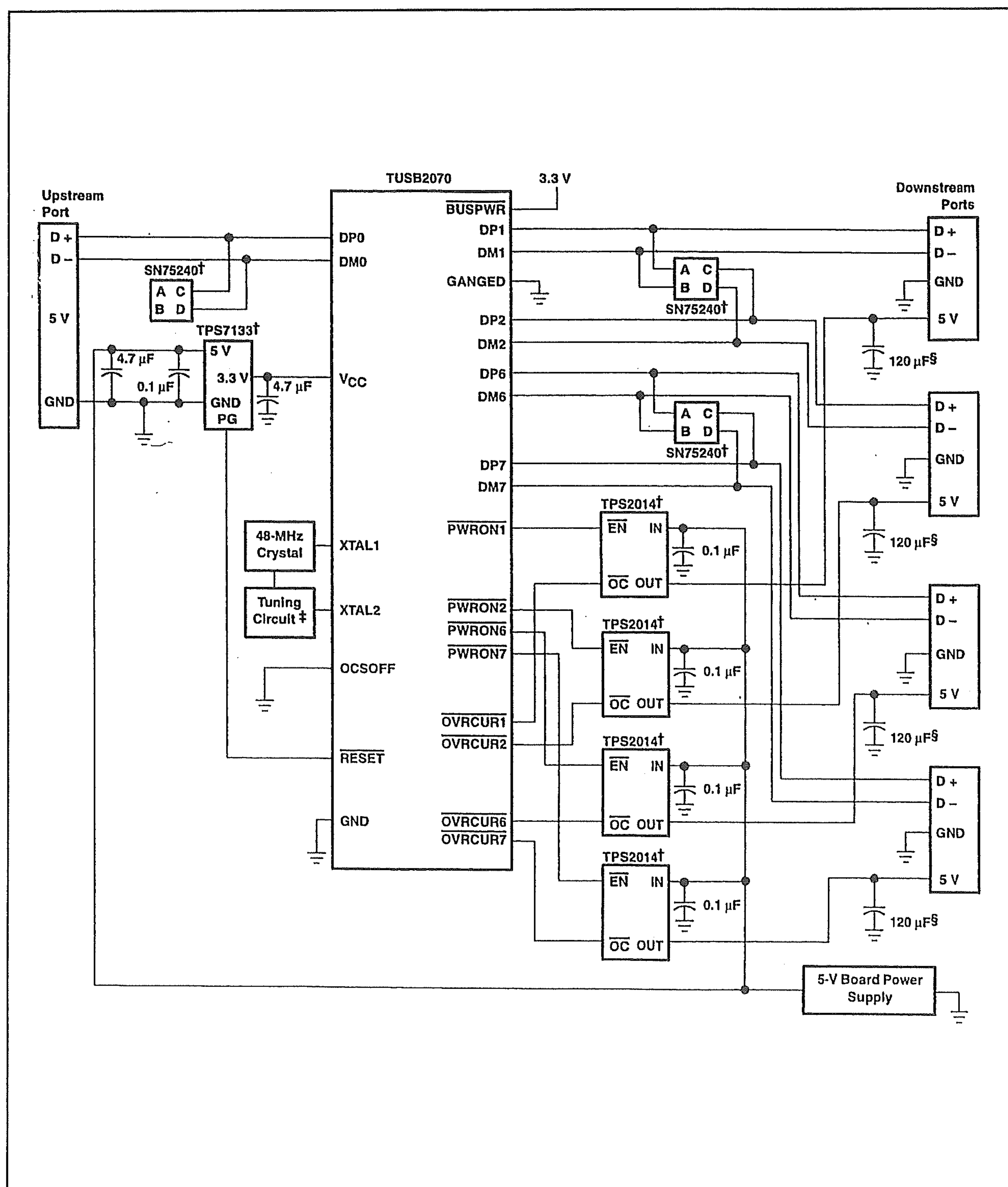


† TPS2044, TPS2042, and SN75240 are Texas Instruments devices.
The TPS2024 can be substituted for the TPS2044.
‡ 120 µF per hub is the minimum required per the USB specification, version 1.1. However, TI recommends a 100 µF low ESR tantulum capacitor per port for immunity to voltage droop.
§ LDO is a 5 V to 3.3 V voltage regulator

Figuur 6/10.13-34: Hub met gemeenschappelijk power management.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

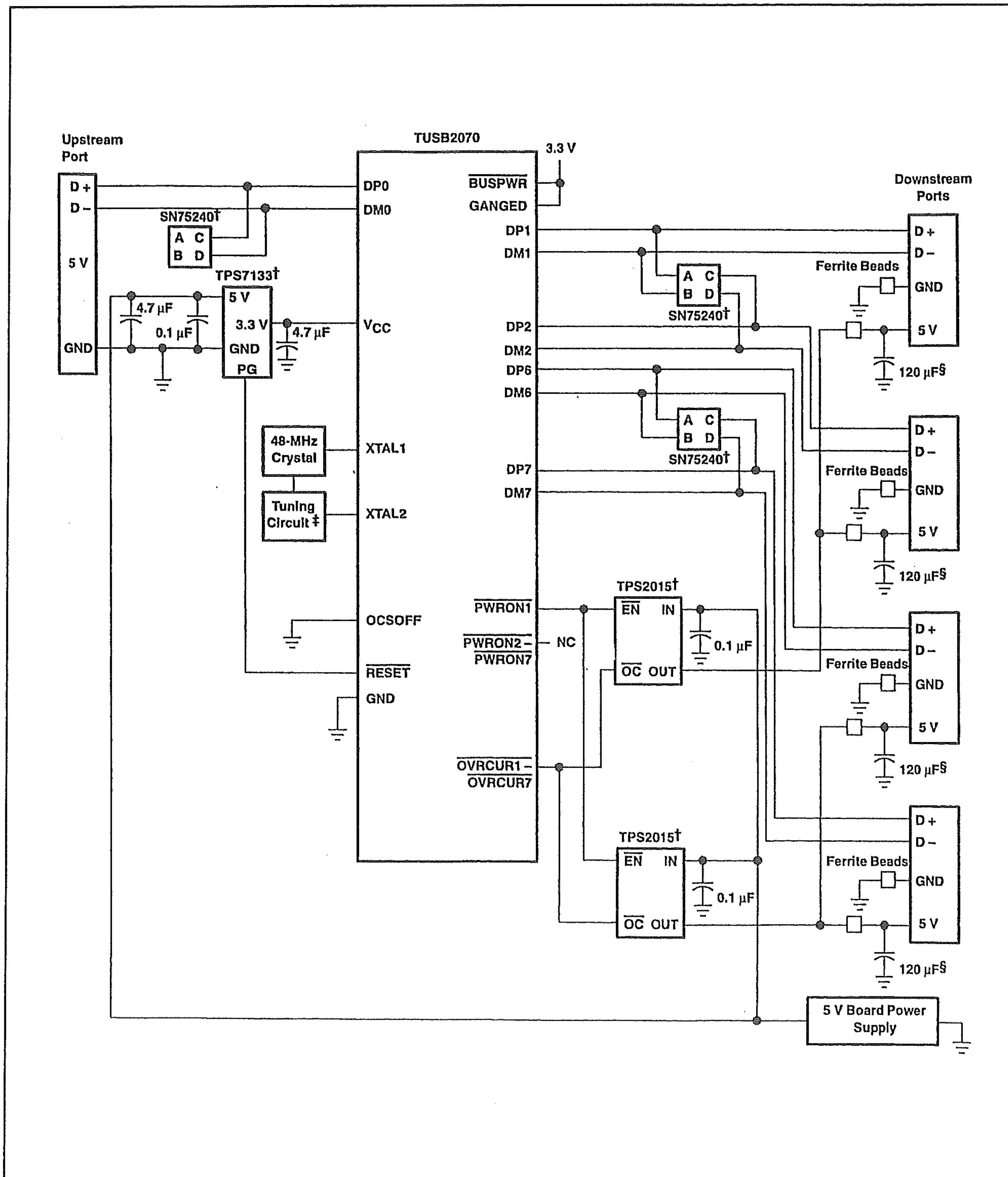
TUSB2070 (1)



Figuur 6/10.13-35: Hub met individueel power management.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

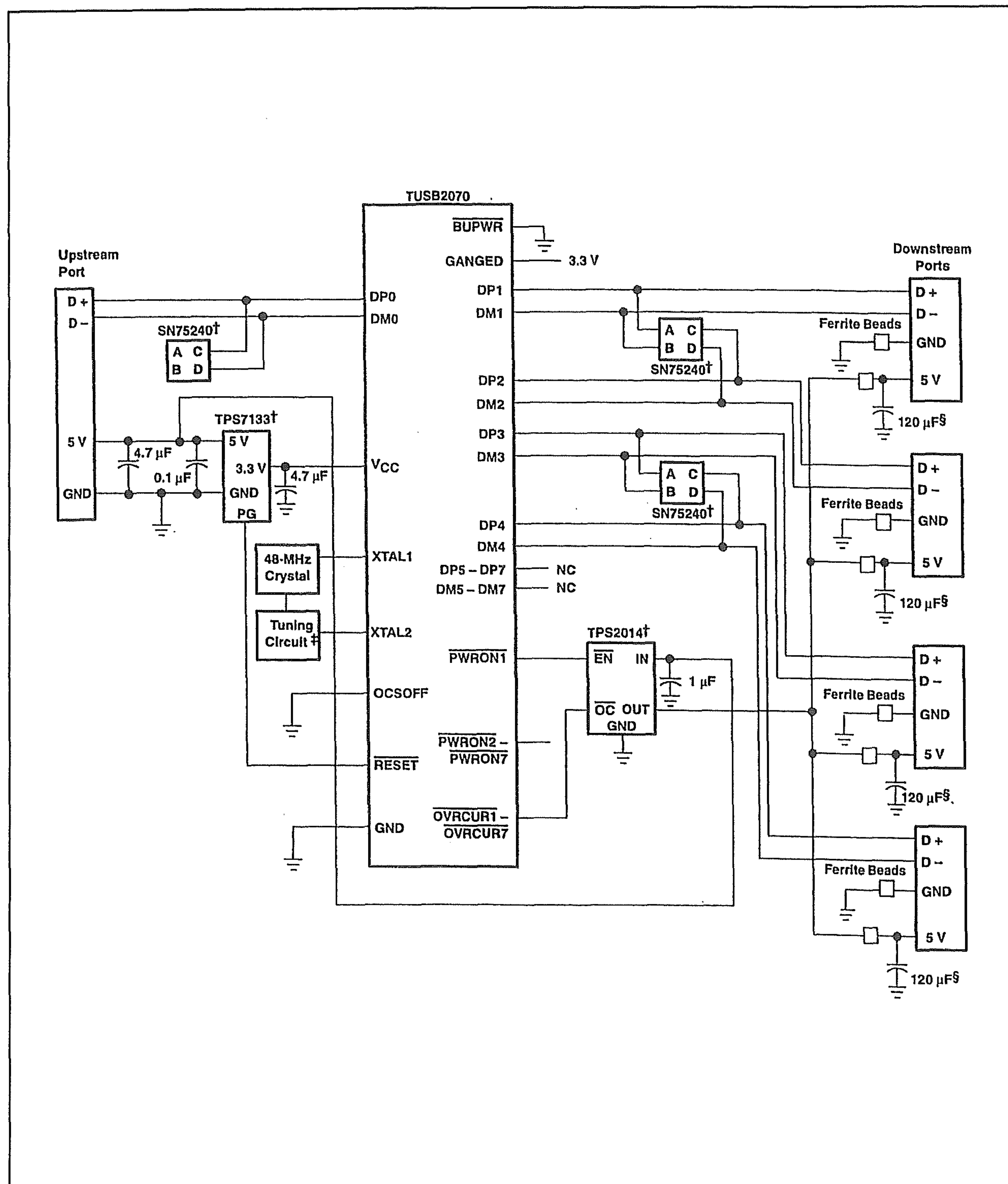
TUSB2070 (2)



Figuur 6/10.13-36: Hub met gemeenschappelijk power management.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

TUSB2070 (3)



Figuur 6/10.13-37: Hub met gemeenschappelijk power management, vereenvoudigde uitvoering.

10.13 De "Universal Serial Bus", USB

6/10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB

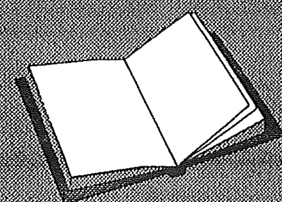
Inleiding

Communicerende meetapparatuur
Steeds meer elektronische meetinstrumenten zijn op de achterzijde van de behuizing voorzien van een 24-polige connector, waar de letters "GPIB" bij vermeld staan. Dit is de afkorting van "General Purpose Interface Bus", een bussysteem waarmee apparaten met elkaar kunnen communiceren. Was een dergelijke faciliteit een tiental jaar geleden voorbehouden aan de dure professionele meetapparatuur, tegenwoordig treft men steeds meer middenklasse instrumenten aan die van een dergelijke busconnector zijn voorzien.
In dit hoofdstuk wordt deze busstructuur onder het vergrootglas gelegd, waarbij wordt begonnen met een korte historische schets.

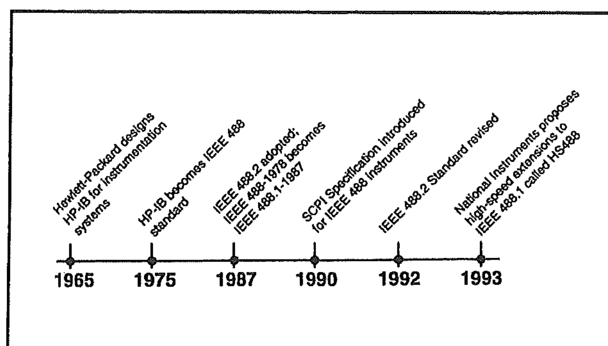
De voorgeschiedenis
In 1965 ontwikkelde Hewlett-Packard de zogenaamde "Hewlett-Packard Interface Bus" (HP-IB) om hun lijn met programmeerbare instrumenten te kunnen koppelen aan een computer. Dankzij de grote overdrachtssnelheden (nominaal 1 Mb/s) won deze bus al snel aan populariteit. Tegenwoordig wordt de benaming "General Purpose Interface Bus" (GPIB) vaker gebruikt dan HP-IB.

In 1975 werd de bus zelfs verheven tot IEEE standaard 488, in 1987 gevolgd door ANSI/IEEE standaard 488.1. De aanvulling hierop, ANSI/IEEE 488.2 uit 1987, definieert nauwkeurig hoe besturingseenheden (controllers) en instrumenten onderling communiceren. De "Standaard Commando's voor Programmeerbare Instrumenten" (SCPI) heeft met behulp van de commandostructuren die in de IEEE 488.2 zijn gedefinieerd een eenvoudige en bondige commandoreeks ontworpen voor het programmeren van meetinstrumenten. Deze taal is geschikt voor elk SCPI-instrument.
In figuur 6/10.14-1 is de ontwikkeling van de bus in de loop der jaren weergegeven.

LEES OOK:
Geen verwijzingen



10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB



Figuur 6/10.14-1: De historische ontwikkeling van de GPIB-bus.

Soorten GPIB-berichten

GPIB-apparaten communiceren met elkaar door middel van het zenden van apparaatafhankelijke berichten en interfaceberichten via de interface.

- Apparaatafhankelijke berichten
  Deze worden ook wel data of gegevensberichten genoemd. De berichten bevatten apparaatspecifieke informatie zoals programmeerinstructies, resultaten van metingen, de toestand (status) van de machine en gegevensbestanden.
- Interfaceberichten
  Deze berichten besturen de bus. Deze berichten, ook wel commando's of commandoberichten genoemd, voeren functies uit zoals het initialiseren van de bus en het adresseren respectievelijk de-adresseren van apparaten. Ook stellen ze de bedrijfstoestand in van apparaten om ze geschikt te maken voor afstandsbediening of voor lokale programmering.

De hier gebruikte term "commando" mag niet worden verward met bepaalde apparaatinstructies die eveneens commando's worden genoemd. Dergelijke apparaatspecifieke commando's zijn, wat het GPIB-systeem betreft, in werkelijkheid gegevensberichten.

Sprekers, luisteraars en besturingseenheden

GPIB-apparaten kunnen sprekers (talkers), luisteraars (listeners) en/of besturingseenheden (controllers) zijn. Een spreker stuurt gegevensberichten naar een of meer luisteraars die de gegevens ontvangen. De besturingseenheid beheert de informatiestroom over de GPIB door het zenden van commando's naar alle apparaten. Een digitale voltmeter bijvoorbeeld is een spreker maar ook een luisteraar.

GPIB versus computerbus

De GPIB ziet er uit als een gewone computerbus met dit verschil dat bij een computer de uitbreidingskaarten via een moederbord zijn gekoppeld. Bij de GPIB betreft het zelfstandige apparaten die door middel van standaard kabels met elkaar zijn verbonden. Ieder apparaat is in staat zelfstandig te functioneren, ook als de bus-connector niet is aangesloten. Uiteraard moet men het instrument dan met de hand bedienen.

De rol van de GPIB besturingseenheid is vergelijkbaar met de rol van de processor van een computer, maar de besturingseenheid kan nog beter worden vergeleken met het schakelcentrum van een stedelijke telefooncentrale. Het schakelcentrum (de besturingseenheid of controller) bewaakt het communicatienetwerk (GPIB). Wanneer het centrum (controller) merkt dat een partij (apparaat) iets wil verzenden (het versturen van een gegevensbericht), verbindt hij de zender (spreker) en de ontvanger (luisteraar) met elkaar. De besturingseenheid adresseert (ook wel "vrijgeven" genoemd) meestal één spreker en één luisteraar voordat de spreker zijn bericht aan de luisteraar kan sturen. Nadat het bericht is

verzonden, kan de besturingseenheid andere sprekers en luisteraars adresseren.
Sommige GPIB-configuraties hebben geen besturingseenheid nodig. Een apparaat bijvoorbeeld dat altijd een spreker is (talk-only apparaat genoemd), is verbonden met één of meer apparaten die alleen kunnen luisteren (listen-only).
Een besturingseenheid is noodzakelijk wanneer de actieve of geadresseerde spreker of luisteraar moet worden gewijzigd. De besturingsfunctie wordt meestal uitgevoerd door een computer.
Een computer die is voorzien van GPIB-hardware en -software van National Instruments kan zowel de rol van spreker/luisteraar als van besturingseenheid vervullen.

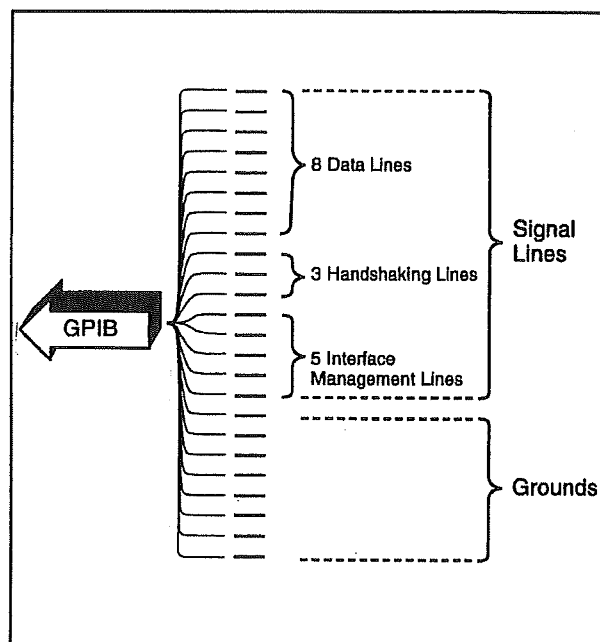
Dienstdoende besturingseenheid en systeembesturingseenheid

Alhoewel er zich meerdere besturingseenheden op de GPIB kunnen bevinden, is er telkens slechts één besturingseenheid actief.
Dit is de dienstdoende besturingseenheid ofwel de Controller-In-Charge (CIC). De actieve besturing kan worden overgedragen van de CIC naar een niet actieve besturingseenheid. Alleen de systeembesturingseenheid (System Controller) kan zichzelf tot CIC uitroepen. De GPIB-kaart is meestal de systeembesturingseenheid.

De busstructuur

GPIB-signalen en -lijnen

De GPIB-interface bestaat uit 16 signaallijnen en acht aardlijnen of afschermingsretourlijnen van in elkaar gedraaide aderparen (twisted-pairs). De 16 signaallijnen die hierna worden toegelicht, zijn onderverdeeld in acht datalijnen, drie handshakelijnen en vijf interface beheerlijnen, zie figuur 6/10.14-2.



Figuur 6/10.14-2: De GPIB signalen en lijnen.

Data-lijnen

De acht datalijnen, DIO1 tot en met DIO8, vervoeren zowel de gegevens- als de commandoberichten. De toestand van de attentielijn (ATN) bepaalt of de informatie bestaat uit gegevens dan wel uit commando's. Alle commando's en de meeste gegevens maken gebruik van de 7 bit ASCII- of ISO-code, waarbij het achtste bit, DIO8, ofwel ongebruikt blijft ofwel dienst doet voor de pariteit.

Handshake-lijnen

Drie lijnen besturen asynchroon de overdracht van berichten-bytes tussen de apparaten.
Dit proces wordt een driedraads gekoppelde handshake genoemd. Het garandeert dat berichten-bytes over de datalijnen zonder transmissiefouten worden verzonden en ontvangen. Deze drie lijnen

10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB

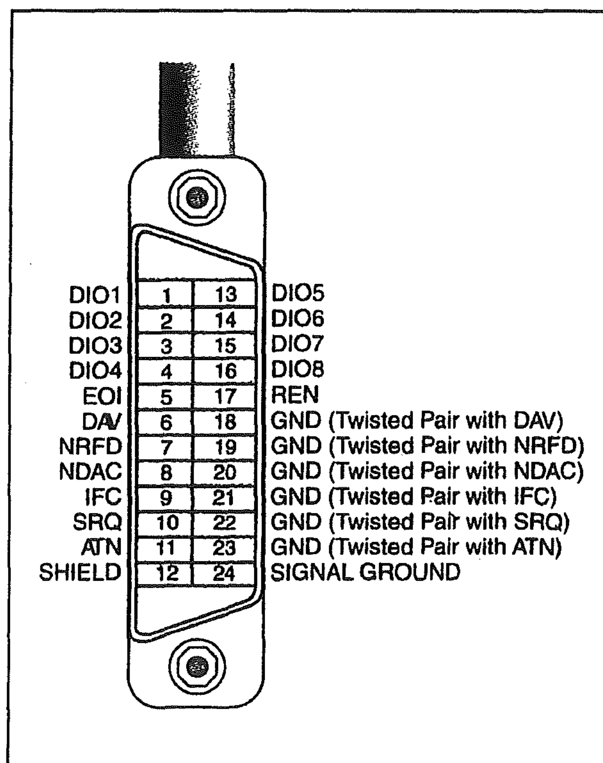
hebben onderstaande benaming en functie.

- NRFD: Not Ready For Data
  Geeft aan wanneer een apparaat al dan niet klaarstaat om een berichten-byte te ontvangen. De lijn wordt bij het ontvangen van commando's gestuurd door alle apparaten, bij het ontvangen van gegevensberichten door luisteraars en bij het vrijgeven van het HS488 protocol door de sprekers.
- NDAC: Not Data Accepted
  Geeft aan of een apparaat al dan niet een berichten-byte heeft geaccepteerd. Deze lijn wordt bij de ontvangst van commando's gestuurd door alle apparaten en bij de ontvangst van gegevensberichten door de luisteraars.
- DAV: DAta Valid
  Geeft aan of de signalen op de datalijnen stabiel (geldig) zijn en veilig door de apparaten kunnen worden geaccepteerd. De besturingseenheid stuurt de DAV bij het verzenden van commando's en de luisteraar stuurt de DAV bij het verzenden van gegevensberichten.

Interface beheerlijnen

Er zijn vijf lijnen die de informatiestroom over de interface beheren.

- ATN: ATtentioN
  De besturingseenheid maakt ATN hoog wanneer de datalijnen worden gebruikt voor het verzenden van commando's en maakt ATN laag wanneer een spreker gegevensberichten kan verzenden.
- IFC: InterFace Clear
  De systeembesturingseenheid stuurt de IFC-lijn om de bus te initialiseren en de CIC te worden.
- REN: Remote ENable
  De systeembesturingseenheid stuurt de REN-lijn die wordt gebruikt om apparaten in de afstandsbediening of lokale programmeermodus te plaatsen.
- SRQ: Service ReQuest
  Elk GPIB-apparaat kan de SRQ-lijn aansturen teneinde asynchroon om dienstverlening door de besturingseenheid te verzoeken.
- EOI: End Or Identify
  De EOI-lijn heeft twee functies. De spreker gebruikt de EOI-lijn om het eind van een berichtenreeks aan te geven en de besturingseenheid gebruikt de EOI-lijn om de apparaten mee te delen dat ze zich moeten identificeren bij een parallelondervraging.



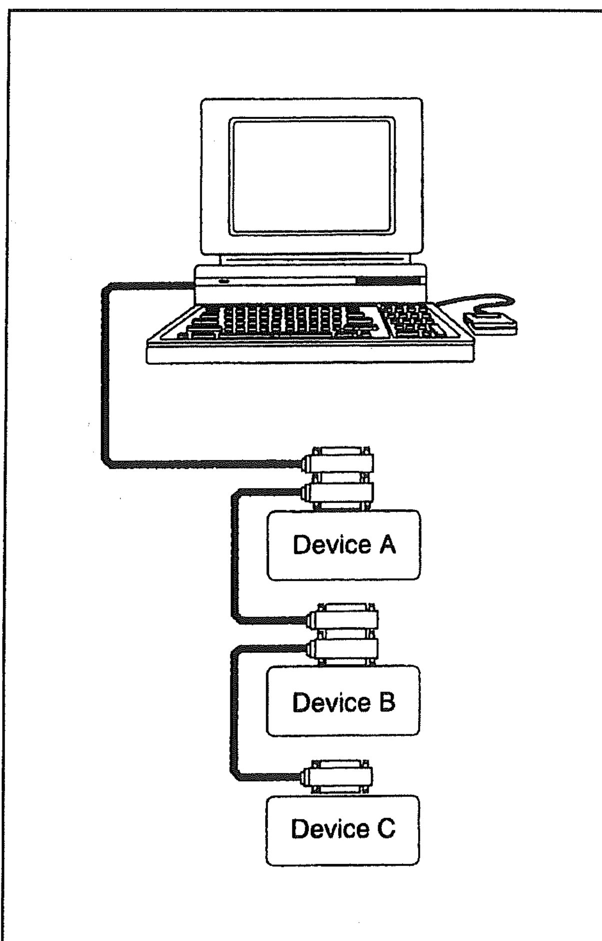
Figuur 6/10.14-3: De GPIB-connector met de signalen op de pennen.

De GPIB-connector

De apparaten zijn doorgaans gekoppeld via een afgeschermde, 24-aderige kabel met aan de ene kant een connector (plug) en aan de andere kant een contra-

10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB

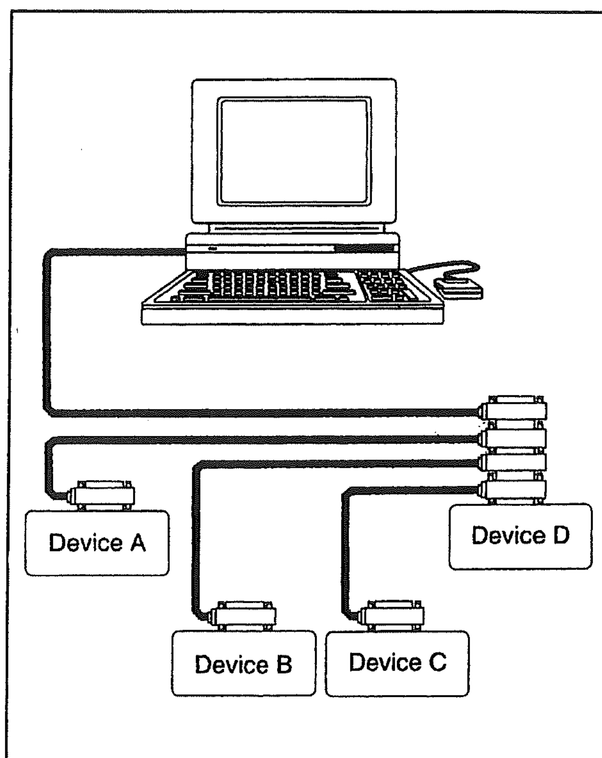
connector (receptacle), zie figuur 6/10.14-3. Als standaard connector is gekozen voor de Amphenol of Cinch serie 57 Microribbon of de AMP CHAMP. Voor specifieke toepassingen kan een aangepaste, niet gestandaardiseerde kabel en/of connector worden gebruikt.



Figuur 6/10.14-4: De lineaire structuur van een GPIB-netwerk.

De busstructuur

GPIB-apparaten kunnen op verschillende manieren worden doorgelust: lineair, stervormig of door middel van een combinatie van deze beide methoden.
Bij de lineaire opbouw van het netwerk, zie figuur 6/10.14-4, gaat de GPIB-kabel van apparaat naar apparaat en tot slot naar de besturingseenheid. Hiervoor zijn speciale connectoren beschikbaar.
Bij de stervormige structuur wordt één apparaat als centraal punt aangesteld en worden de signalen vanuit dit punt naar alle aangesloten deelnemers verspreid, zie figuur 6/10.14-5.



Figuur 6/10.14-5: De stervormige opbouw van een GPIB-netwerk.

Logica

De GPIB maakt gebruik van negatieve logica met standaard TTL niveaus. Wanneer DAV bijvoorbeeld geldig (true) is, betekent dit een laag TTL-niveau (kleiner dan 0,8 V) en wanneer DAV ongeldig (false) is, is het TTL-niveau hoog (groter dan 2,0 V).

Netwerk beperkingen

Om de grote overdrachtssnelheid waarvoor de GPIB is ontworpen te kunnen

bereiken, is de daadwerkelijke afstand tussen de apparaten alsook het aantal apparaten op de bus beperkt.
Voor normaal bedrijf gelden de volgende beperkingen:
- een maximum afstand van 4 m tussen twee willekeurige apparaten en een gemiddelde afstand van 2 m ten opzichte van de totale bus;
- een maximale totale kabellengte van 20 m;
- de bus mag met niet meer dan 15 apparaten worden belast, waarvan minimaal tweederde is ingeschakeld.

Voor systemen met een hogere snelheid die gebruik maken van de driedraads IEEE 488.1 handshake (T1 vertragingstijd = 350 ns) en voor HSS488 systemen gelden bovendien de volgende beperkingen:
- een maximum totale kabellengte van 15 m met één apparaatbelasting per 1 m kabel;
- alle apparaten moeten worden ingeschakeld;
- alle apparaten moeten gebruik maken van 48 mA three-state drivers;
- de capaciteit van elk GPIB-signaal moet minder zijn dan 50 pF per apparaat;
- voor systemen die buiten deze specificaties vallen, zijn bij National Instruments busuitbreidings- en aanpassingskaarten verkrijgbaar.

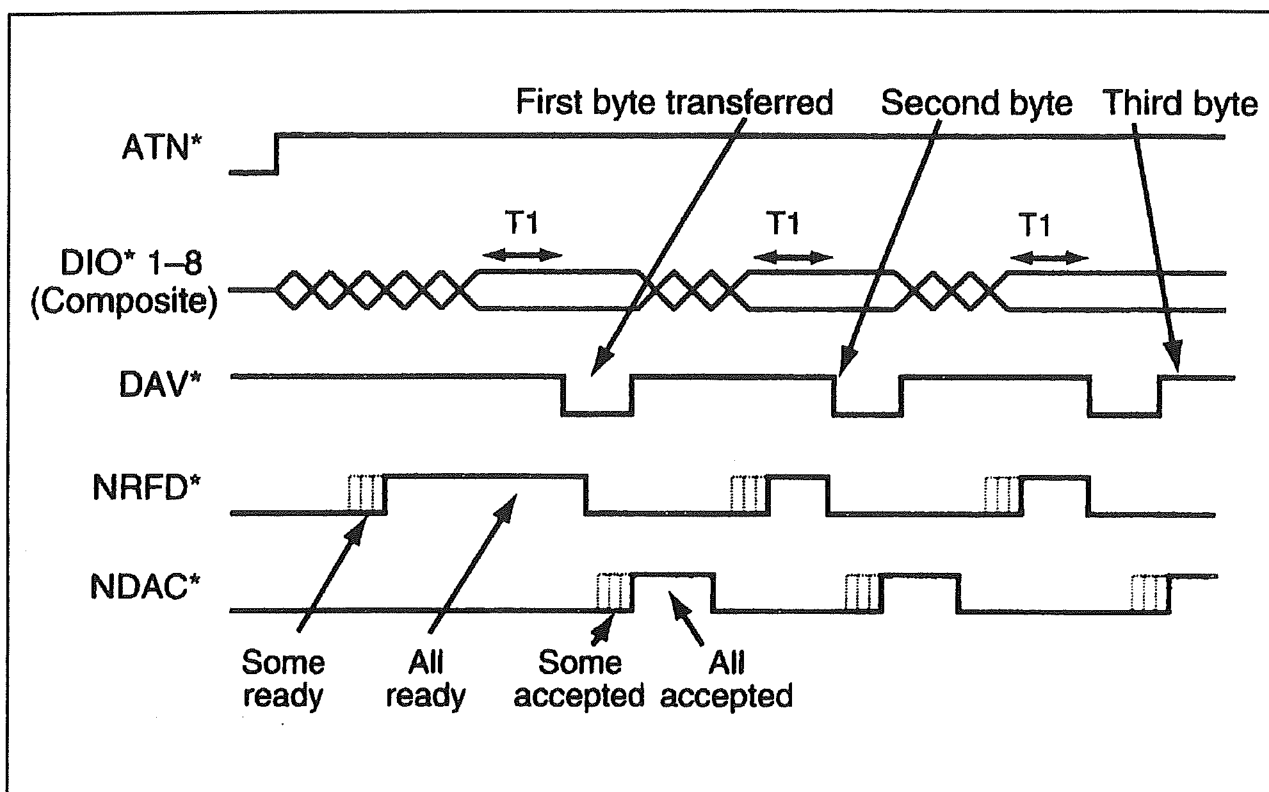
De commandoreeksen

Inleiding
De SCPI en IEEE 488.2 standaarden gaan uit van de beperkingen en dubbelzinnigheden van de oorspronkelijke IEEE 488 standaard. Met behulp van IEEE 488.2 kunnen testsystemen worden ontworpen met een grotere compatibiliteit en produktiviteit. SCPI vergemakkelijkt de programmering door middel van het definiëren van een eenvoudige en bondige commandoreeks voor programmeerbare instrumentatie, onafhankelijk van het soort instrument of de fabrikant.

IEEE 488.1
De ANSI/IEEE standaard 488-1975, tegenwoordig IEEE 488.1 genaamd, heeft het koppelen van programmeerbare instrumenten in hoge mate vereenvoudigd door de mechanische, elektrische en hardware protocol specificaties duidelijk te definiëren. Voor het eerst konden instrumenten van verschillende fabrikanten via standaard kabels met elkaar worden verbonden. Hoewel deze standaard behept was met een aantal tekortkomingen heeft hij toch ten zeerste bijgedragen aan het vergroten van de produktiviteit van het testen. Met name de IEEE 488.1 ondersteunde geen dataformaten en statusrapportage, noch het berichtenuitwisselingsprotocol, algemene configuratiecommando's of apparaat-specifieke commando's. Ten gevolge hiervan implementeerde iedere fabrikant deze eigenschappen op een eigen wijze, het aan de ontwerper van testsystemen overlatend om een en ander "aan elkaar te breien".

IEEE 488.2
De IEEE 488.2 vormt een uitbreiding op en verscherping van de IEEE 488.1 doordat zowel de dataformaten worden gestandaardiseerd alsook de statusrapportage, de foutafhandeling, de besturingsfuncties en de algemene commando's waarop alle instrumenten moeten reageren op een gedefinieerde manier. Door deze eigenschappen te standaardiseren zijn IEEE 488.2 systemen meer compatibel en betrouwbaarder.

10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB



Figuur 6/10.14-6: Het IEEE 488.1 handshake protocol.

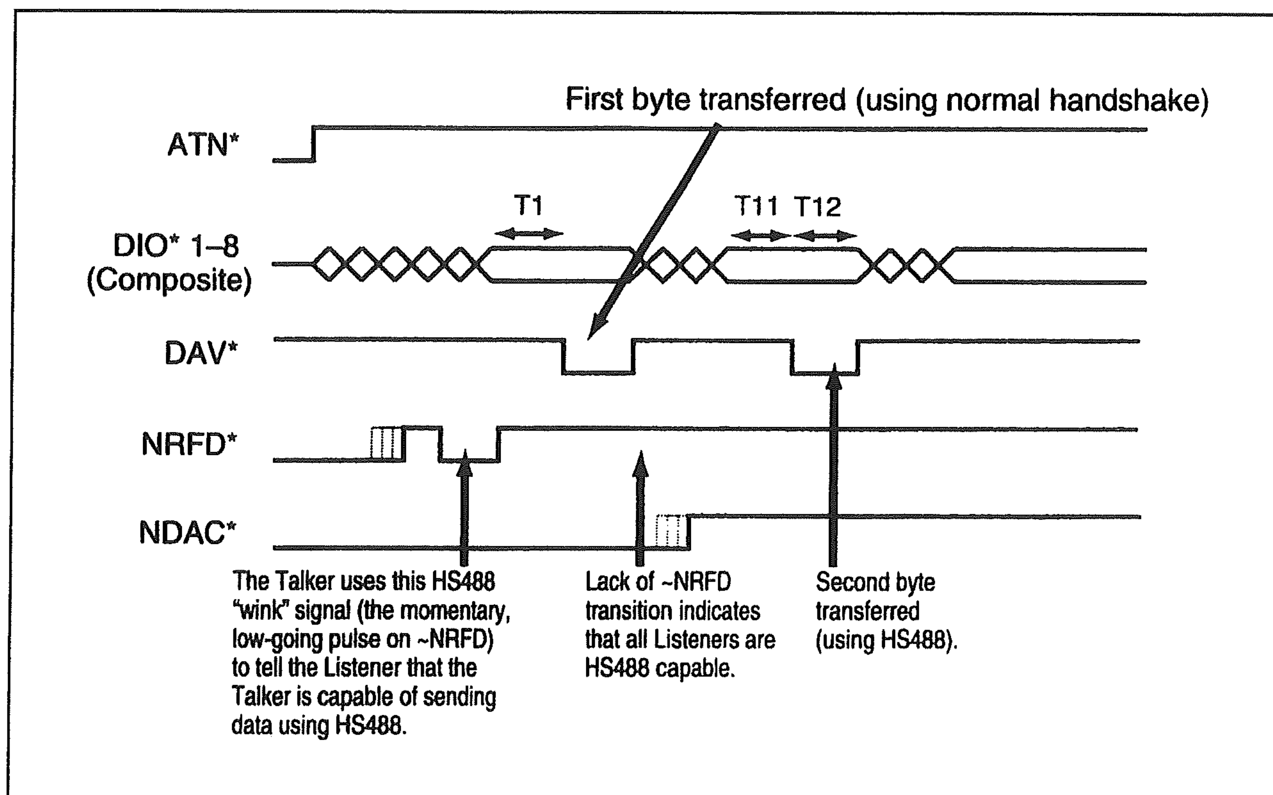
De IEEE 488.2 standaard concentreert zich met name op de software protocol eigenschappen en handhaaft zodoende de compatibiliteit ten opzichte van de hardware-georiënteerde IEEE 488.1 standaard.

SCPI

De SCPI is opgebouwd rond de IEEE 488.2 standaard en definieert apparaatspecifieke commando's die de programmeerbare instrumenten standaardiseren. SCPI-systemen zijn eenvoudiger te programmeren en te bedienen. In veel gevallen kunnen instrumenten onderling worden uitgewisseld of opgewaardeerd zonder dat het testprogramma behoeft te worden aangepast. Een combinatie van SCPI en IEEE 488.2 resulteert in een aanzienlijke toename van de produktiviteit en vormt een solide softwarestandaard zoals de IEEE 488.1 voor de hardware.

Het hoge snelheids GPIB handshake protocol (HS488)

National Instruments heeft een hoge snelheids GPIB handshake protocol (HSS488 genaamd) ontwikkeld en gepatenteerd om de snelheid van de gegevensoverdracht voor een GPIB-systeem te verhogen. Alle apparaten die betrokken zijn bij de gegevensoverdracht moeten geschikt zijn voor het HS488 protocol. Wordt ook gebruik gemaakt van niet-HS488 voorbereide apparaten, zullen de HS488 apparaten automatisch overschakelen naar de standaard IEEE 488.1 handshake teneinde de compatibiliteit te waarborgen. De HS488 is een uitgebreide set van de IEEE 488 standaard.



Figuur 6/10.14-7: Het HS488 handshake protocol.

Het bus protocol

IEEE 488.1 handshake

De standaard IEEE 488.1 driedraads handshake vereist dat de luisteraar het signaal Not Ready For Data (NRFD) ontkent, dat de spreker het signaal Data Valid (DAV) bevestigt om de luisteraar mee te delen dat er een gegevensbyte beschikbaar is en dat de luisteraar het signaal Not Data Accepted (NDAC) ontkent wanneer dit byte is geaccepteerd, zie figuur 6/10.14-6.

Er kan geen byte worden overgedragen binnen de tijd die nodig is voor de volgende gebeurtenissen:

- NRFD naar de spreker sturen;
- DAV-signaal naar alle luisteraars sturen;
- de luisteraars accepteren het byte en bevestigen NDAC;
- het NDAC signaal terugsturen naar de spreker.

De spreker hoeft pas na een bepaalde tijd T1 het signaal DAV opnieuw te bevestigen.

HS488 handshake

HS488 vergroot de doorvoersnelheid van het systeem door het opheffen van de vertragingen die inherent zijn aan de driedraads handshake. Om de HS488 handshake vrij te geven, maakt de spreker de NRFD signaallijn even laag nadat de besturingseenheid alle luisteraars heeft geadresseerd. Beschikt de luisteraar over HS488, dan vindt de overdracht plaats met gebruikmaking van de HS488 handshake, zie figuur 6/10.14-7.

10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB

Wanneer de HS488 is vrijgegeven, plaatst de spreker een byte op de GPIB DIO-lijnen, hij wacht gedurende een voorgeprogrammeerde insteltijd, bevestigt DAV, wacht gedurende een voorgeprogrammeerde houdtijd, ontkent DAV en zet het volgende gegevensbyte op de DIO-lijnen. De luisteraar houdt NDAC onbevestigd en moet het byte binnen de gespecificeerde houdtijd accepteren. Een byte moet worden overgedragen binnen de tijd die wordt bepaald door de insteltijd en de houdtijd, zonder te wachten op welk signaal dan ook dat via de GPIB kabel wordt verstuurd.

HS488 gegevensstroombesturing
De luisteraar kan het signaal NDAC bevestigen om tijdelijk te voorkomen dat er meer bytes worden verzonden of het signaal NRFD bevestigen om de spreker te dwingen van de driedraads handshake gebruik te maken. Via deze methoden kan de luisteraar de gemiddelde doorvoersnelheid beperken.
Echter, de luisteraar dient te beschikken over een ingangsbuffer die korte gegevenssalvo's op maximum snelheid kan accepteren, aangezien terwijl NDAC of NRFD naar de spreker worden teruggestuurd, deze al een ander byte kan hebben verzonden. De vereiste instel- en houdtijden kunnen door de gebruiker worden ingesteld, afhankelijk van de totale kabellengte en het aantal apparaten dat deel uit maakt van het systeem. Tussen twee apparaten en 2 m kabel kan HS488 gegevens verzenden met een snelheid tot 8 Mb/s. Voor een volledig belast systeem met 15 apparaten en 15 m kabel kan de gegevenssnelheid van de HS488 een waarde van 1,5 Mb/s bereiken.
HS488 besturingseenheden maken altijd gebruik van de standaard IEEE 488.1 driedraads handshake voor de overdracht van GPIB commando's (bytes met Attention (ATN) als bevestiging).

IEEE 488.2
De IEEE 488.2-1987 bracht een hernieuwde groei en acceptatie van de IEEE 488 bus of GPIB teweeg omdat veel problemen die zich voordeden bij de oorspronkelijke IEEE 488 standaard werden opgelost. De IEEE 488.2 is zodanig ontworpen dat hij compatibel is met de bestaande IEEE 488.1-standaard.
Het belangrijkste concept dat in de IEEE 488.2-specificatie wordt gebruikt voor de communicatie tussen besturingseenheden en instrumenten bestaat uit "nauwkeurig spreken" en "vergevingsgezind luisteren".
Met andere woorden: de IEEE 488.2 definieert exact hoe zowel IEEE 488.2 besturingseenheden als IEEE 488.2 instrumenten spreken, zodat een volledig IEEE 488.2 compatibel systeem uiterst betrouwbaar en efficiënt kan werken.
De standaard vereist ook dat IEEE 488.2-apparaten kunnen samenwerken met bestaande IEEE 488.1-apparaten en dat de luisteraar een groot aantal commando's en dataformaten kan accepteren. Alle voordelen van deze standaard komen echter pas volledig tot hun recht wanneer een compleet IEEE 488.2 compatibel systeem wordt ingezet.

Besturingseenheden
Hoewel IEEE 488.2 minder gevolgen heeft voor de besturingseenheden dan voor de instrumenten, bevat hij toch diverse eisen en optionele verbeteringen voor besturingseenheden waardoor de IEEE 488.2 besturingseenheden (controllers) een noodzakelijk onderdeel van een testsysteem uitmaken.

10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB

Omschrijving	Besturingsreeks	Naleving
Zend ATN-true commando's	SEND COMMAND	Verplicht
Stel het adres in voor het zenden van gegevens	SEND SETUP	Verplicht
Zend ATN-false gegevens	SEND DATA BYTES	Verplicht
Zend een programmabericht	SEND	Verplicht
Stel het adres in voor de ontvangst van gegevens	RECEIVE SETUP	Verplicht
Ontvang ATN-false gegevens	RECEIVE RESPONSE MESSAGE	Verplicht
Ontvang een antwoordbericht	RECEIVE	Verplicht
Pulseer de IFC lijn	SEND IFC	Verplicht
Plaats de apparaten in DCAS	DEVICE CLEAR	Verplicht
Plaats de apparaten in lokale toestand	ENABLE LOCAL CONTROLS	Verplicht
Plaats de apparaten in afstandbediening	ENABLE REMOTE	Verplicht
Plaats apparaten in afstandbediening met lokale vergrendeling	SET RWLS	Verplicht
Plaats de apparaten in lokale vergrendeling	SEND LLO	Verplicht
Lees het IEEE 488.1 statusbyte	READ STATUS BYTE	Verplicht
Zend een 'group executon trigger' (GET) bericht	TRIGGER	Verplicht
Geef de besturing over aan een ander apparaat	PASS CONTROL	Optioneel
Voer een parallelle ondervraging uit	PERFORM PARALLEL POLL	Optioneel
Configureer reacties van apparaat op parallelle ondervraging	PARALLEL POLL CONFIGURE	Optioneel
Blokkeer parallelle ondervragingsmogelijkheid van apparaat	PARALLEL POLL UNCONFIGURE	Optioneel

Figuur 6/10.14-8: Verplichte en optionele besturingsreeksen van de IEEE 488.2 standaard.

IEEE 488.2 definieert nauwkeurig op welke wijze IEEE 488.2-besturingseenheden hun commando's en gegevens verzenden en voegt functies toe. Dankzij deze IEEE 488.2-eisen aan besturingseenheden kunnen fabrikanten van instrumenten compatibele en efficiëntere instrumenten ontwikkelen. De voordelen van deze standaardisatie voor de ontwerper van testsystemen zijn gelegen in een kortere ontwikkeltijd en lagere kosten, omdat problemen vanwege incompatibele instrumenten en afwijkende commandostructuren en dataformaten hiermee achterhaald zijn.

Eisen aan IEEE 488.2 besturingseenheden

De IEEE 488.2 definieert een aantal eisen die aan een besturingseenheid moeten worden gesteld met inbegrip van een nauwkeurige reeks IEEE 488.1 interfacemogelijkheden, waaronder het pulseren van de "interface clear line" gedurende 100 µs, het zetten en detecteren van EOI, het zetten/bevestigen van de REN lijn, het onderzoeken van de toestand en verandering daarin van de SRQ lijn, het onderzoeken van de toestand van NDAC alsook het controleren of een willekeurige I/O-transactie binnen de gestelde tijd plaatsvindt. Andere hoofdtaken van besturingseenheden betreffen het verwerken van busbesturingsreeksen en busprotocollen.

IEEE 488.2-besturingsreeksen

De IEEE 488.2-standaard definieert besturingsreeksen die de IEEE 488.1 berichten welke door de besturingseenheid worden verzonden, alsook de rangschikking van meervoudige berichten.

10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB

Sleutelwoord	Benaming	Naleving
RESET	Reset system	Verplicht
FINDRQS	Find device requesting service	Optioneel
ALLSPOLL	Serial poll all devices	Verplicht
PASSCTL	Pass control	Optioneel
REQUESTCTL	Request control	Optioneel
FINDLSTN	Find listeners	Optioneel
SETADD	Set address	Optioneel (vereist FINDLSTN)
TESTSYS	Self-test system	Optioneel

Figuur 6/10.14-9: De besturingsprotocollen van de IEEE 488.2 bus.

IEEE 488.2 definieert 15 verplichte besturingsreeksen en vier optionele besturingsreeksen, zie de tabel van figuur 6/10.14-8. De IEEE 488.2 besturingsreeksen beschrijven voor elk van de gedefinieerde bewerkingen de exacte toestanden van de GPIB en de rangschikking van de commandoberichten. IEEE 488.2-besturingsreeksen rekenen af met de dubbelzinnigheid van de mogelijke buscondities waardoor instrumenten en besturingseenheden beter compatibel zijn.
Door de toestand van de bus exact te definiëren en nauwkeurig te omschrijven hoe apparaten moeten reageren op specifieke berichten, komen minder systeemontwerp problemen voor.

IEEE 488.2-protocollen
Protocollen zijn routines van een hoger niveau die een aantal besturingsreeksen combineren om algemene testsysteem bewerkingen uit te voeren. IEEE 488.2 definieert twee verplichte protocollen en zes optionele protocollen, zie de tabel van figuur 6/10.14-9.
Deze protocollen bekorten de ontwikkeltijd omdat ze diverse commando's combineren voor het uitvoeren van het merendeel van de algemene bewerkingen die nodig zijn voor een willekeurig testsysteem.

- RESET
  Het RESET protocol zorgt er voor dat de GPIB wordt geïnitialiseerd en dat alle apparaten worden gereset en in een bekende toestand worden geplaatst.
- ALLSPOLL
  De ALLSPOLL protocolreeks ondervraagt elk apparaat serieel en zendt het toestandsbyte van elk apparaat terug.
- PASSCTL en REQUESTCTL
  De PASSCTL en REQUESTCTL protocollen laten de besturing van de bus rouleren onder een aantal verschillende apparaten.
- TESTSYS
  Het TESTSYS protocol instrueert elk apparaat om eigen zelftests uit te voeren en aan de besturingseenheid te melden of er een storing is ontdekt of dat het apparaat bedrijfsklaar is.
- FINDLSTN
  Het FINDLSTN protocol maakt gebruik van de mogelijkheid die de IEEE

488.2 besturingseenheid biedt om de buslijnen te bewaken teneinde luisterende apparaten op de bus te lokaliseren.
De besturingseenheid implementeert het FINDLSTN protocol door een speciaal luisteradres te activeren en vervolgens de NDAC handshake lijn te controleren om te bepalen of er een apparaat op dat adres aanwezig is. Het resultaat van het FINDLSTN protocol is een lijst met adressen van alle gelokaliseerde apparaten. FINDLSTN wordt gebruikt aan het begin van een applicatieprogramma om er zeker van te zijn dat de systeemconfiguratie klopt en om een geldige lijst te verkrijgen van de GPIB apparaten. Deze lijst kan worden gebruikt als parameter voor alle andere IEEE 488.2 protocollen. De controlemogelijkheid van de buslijn in een IEEE 488.2 besturingseenheid is ook nuttig bij het onderkennen en diagnosticeren van problemen binnen een testsysteem.

- FINDRQS
  Het FINDRQS protocol is een efficiënt mechanisme voor het lokaliseren en ondervragen van apparaten die om service verzoeken.
  Het protocol maakt gebruik van de mogelijkheid van de IEEE 488.2 besturingseenheid om een "false" (hoog) naar "true" (laag) overgang van de SRQ lijn op te sporen. Aan de apparaten op de lijst kan een bepaalde prioriteit worden toegekend, zodat aan de meer kritische apparaten het eerst service kan worden verleend. Wanneer het applicatieprogramma onmiddellijk naar dit protocol kan springen zodra de SRQ lijn wordt geactiveerd, worden het rendement en de doorvoersnelheid van het programma verbeterd.

IEEE 488.2 instrumenten

Inleiding
De IEEE 488.2 specificaties voor instrumenten kunnen ingrijpende wijzigingen in de firmware en mogelijk ook in de hardware met zich meebrengen. Desondanks zijn IEEE 488.2 instrumenten gemakkelijker te programmeren omdat ze op algemene commando's en ondervragingen reageren op een nauwkeurig gedefinieerde manier volgens standaard protocollen voor de uitwisseling van berichten en dataformaten.
Het IEEE 488.2-berichtenuitwisselingsprotocol vormt de basis voor de SCPI standaard waarmee het programmeren van testsystemen zelfs nog gemakkelijker wordt.
IEEE 488.2 definieert een minimum set IEEE 488.2 interfacevoorzieningen waarover een instrument moet beschikken. Alle apparaten moeten in staat zijn om gegevens te zenden en te ontvangen, om te verzoeken om service en om te reageren op een "device clear" bericht. IEEE 488.2 definieert nauwkeurig het formaat van de commando's die naar de instrumenten moeten worden gestuurd en het formaat en de codering van de antwoorden die door de instrumenten moeten worden verzonden.

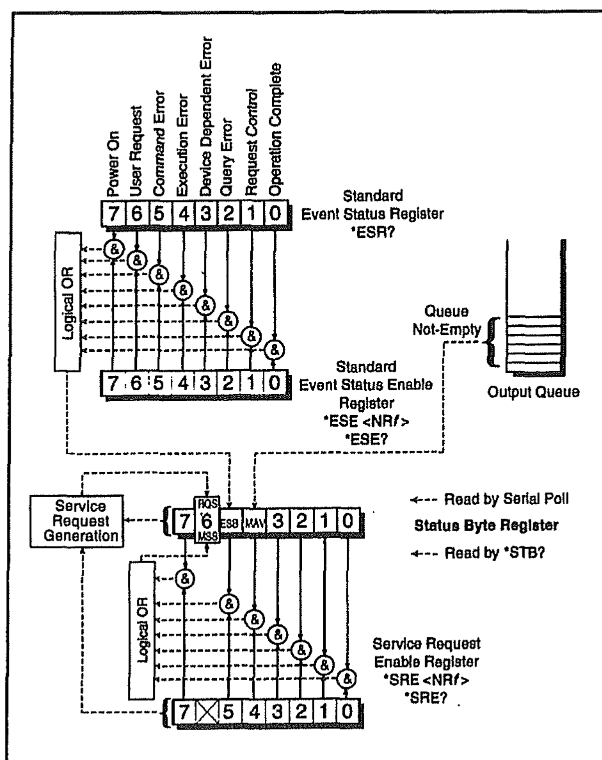
Algemene apparaat commando's
Alle instrumenten moeten bepaalde bewerkingen uitvoeren om via de bus te communiceren en statusmeldingen te rapporteren. Omdat deze bewerkingen gelijk zijn voor alle instrumenten definieert IEEE 488.2 de programmeercommando's die gebruikt zijn om deze bewerkingen uit te voeren en de ondervragingen die verricht zijn om algemene status-

10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB

informatie te ontvangen. Deze algemene commando's en ondervragingen zijn in de tabel van figuur 6/10.14-10 opgenomen.

Mnemonic	Groep	Omschrijving
*IDN?	Systeemgegevens	Identification query
*RST	Interne bewerkingen	Reset
*TST?	Interne bewerkingen	Self-test query
*OPC	Synchronisatie	Operation complete
*OPC?	Synchronisatie	Operation complete query
*WAI	Synchronisatie	Wait to complete
*CLS	Status en gebeurtenis	Clear status
*ESE	Status en gebeurtenis	Event status enable
*ESE?	Status en gebeurtenis	Event status enable query
*ESR?	Status en gebeurtenis	Event status register query
*SRE	Status en gebeurtenis	Service request enable
*SRE?	Status en gebeurtenis	Service request enable query
*STB?	Status en gebeurtenis	Read status byte query

Figuur 6/10.14-10: Algemeen vereiste apparaat commando's.



Figuur 6/10.14-11: Het status rapportagemodel.

Het status rapportagemodel

Omdat IEEE 488.2 de statusrapportage standaardiseert, weet de besturingseenheid exact op welke wijze hij de statusinformatie van elk instrument in het systeem moet verkrijgen. Dit status rapportagemodel is gebaseerd op het IEEE 488.1 statusbyte en verschaft meer gedetailleerde statusinformatie. Het status rapportagemodel is weergegeven in figuur 6/10.14-11.

SCPI

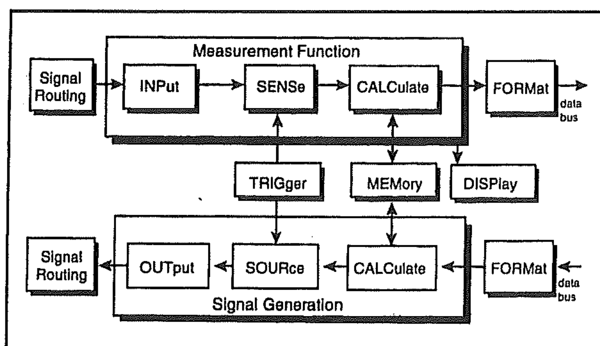
SCPI is een complete standaard die de software programmeercommando's voor instrumenten uniformeert. De eerste versie van de standaard werd halverwege 1990 vrijgegeven. Het SCPI Consortium voegt echter ook nu nog steeds commando's en functies toe aan de SCPI standaard. SCPI heeft een eigen reeks vereiste algemene commando's als aanvulling op de verplichte IEEE 488.2 algemene commando's en ondervragingen. Alhoewel IEEE 488.2 is gebruikt als uitgangspunt, definieert SCPI programmeercommando's die kunnen worden gebruikt voor elk type hardware of communicatieverbinding.

SCPI specificeert standaard regels voor het afkorten van commando sleutelwoorden en maakt gebruik van de regels van het IEEE 488.2 protocol voor de berichtenuitwisseling om commando's en parameters te formatteren. Er kunnen commando sleutelwoorden worden gebruikt in de lange versie (MEASure) maar ook in de verkorte vorm, aangegeven in hoofdletters (MEAS).

SCPI biedt de ontwerper van testsystemen grote voordelen. Een van de grootste voordelen is dat SCPI een uitgebreide set programmeerfuncties verschaft die alle belangrijke functies van een instrument omvatten. Deze standaard commandoset zorgt voor een hogere mate van uitwisselbaarheid van instrumenten en beperkt de inspanningen die gepaard gaan met het

ontwerpen van nieuwe testsystemen. De SCPI commandoset is hiërarchisch, zodat commando's voor meer specifieke of nieuwere functies gemakkelijk kunnen worden toegevoegd.

Het SCPI-instrumentmodel
Als hulpmiddel bij het verkrijgen van compatibiliteit en bij de indeling van commandogroepen, heeft SCPI een model van een programmeerbaar instrument gedefinieerd. Dit model is van toepassing op alle verschillende soorten instrumenten, zie figuur 6/10.14-12.



Figuur 6/10.14-12: Het SCPI instrumentmodel.

Niet alle functionele componenten van het instrumentmodel zijn van toepassing op elk instrument. Zo beschikt bijvoorbeeld een oscilloscoop niet over de functies die zijn gedefinieerd in het blokje "Signal Generation" in het SCPI model. SCPI definieert hiërarchische commandosets voor het besturen van specifieke functies binnen elk van deze functionele componenten.
De "Signal Routing" component regelt de verbinding van een signaal met de interne functies van het instrument. De "Measurement Function" zet het signaal om in een voorbewerkte vorm en de "Signal Generation" component zet interne gegevens om in verwerkbare signalen. De "MEMory" component slaat gegevens op in het instrument. De "FORMat" zet de gegevens van het instrument om in een zodanige vorm dat ze via de standaard GPIB-bus kunnen worden verzonden. De "TRIGger" synchroniseert de acties van het instrument met interne functies, externe gebeurtenissen of andere instrumenten.
De meetfunctie biedt de hoogste mate van compatibiliteit tussen instrumenten omdat een meting wordt gespecificeerd aan de hand van signaalparameters en niet door middel van de functionaliteit van het instrument.
In de meeste gevallen kan, zonder het SCPI commando te hoeven wijzigen, een instrument dat een specifieke meting uitvoert worden vervangen door een ander instrument dat dezelfde meting kan uitvoeren.

De "Measurement" component
De "MEASurement" component is onderverdeeld in drie verschillende delen:
- INPut
  De INPut component conditioneert het binnenkomende signaal voordat het door het SENSe blok wordt omgezet in gegevens. Tot de INPut functies behoren filteren, instellen en verzwakken.
- SENSe
  De SENSe component zet signalen om in interne data waarmee kan worden gemanipuleerd. SENSe functies besturen de parameters als bereik, resolutie, poorttijd en "normal mode" onderdrukking.
- CALCulate
  De CALCulate component zet de bemonsterde gegevens om in een beter bruikbaar formaat voor een specifieke applicatie. Tot de CALCulatie-functies behoren het converteren van eenhe-

den, de stijgtijd, de daaltijd en de frequentie parameters.

De "Signal generation" component
De "Signal generation" component zet de gegevens om in uitgangssignalen in de vorm van fysische signalen. SCPI verdeelt het signaalopwekkingsblok onder in drie functionele blokken:

- OUTPut
  Het OUTPut blok conditioneert het uitgaande signaal nadat het is opgewekt. De functies van het blok OUTPut omvatten filteren, instellen en verzwakken.
- SOURce
  Het SOURce blok genereert een signaal, gebaseerd op specifieke eigenschappen en interne gegevens. De functies van het blok SOURce specificeren signaalparameters zoals amplitude modulatie, vermogen, stroom, spanning en frequentie.
- CALCulate
  Het CALCulate blok zet de applicatiegegevens zodanig om dat afwijkingen bij het opwekken van het signaal worden weggewerkt. Hieronder valt het corrigeren van externe effecten, het omzetten van eenheden en het veranderen van een bereik.

Voorbeeld van een SCPI commando

Een digitale meter programmeren
Via het onderstaande commando wordt een digitale multimeter (DMM) geprogrammeerd zodat deze geschikt wordt voor gebruik als wisselspanningsvoltmeter voor het meten van een signaal van 20 V met een resolutie van 0,001 V:

: MEASure:VOLTage:AC? 20, 0.001

- :
  De voorafgaande dubbele punt geeft aan dat er een nieuw commando volgt
- MEASure:VOLTage:AC
  De sleutelwoorden MEASure:VOLTage:AC instrueren de DMM om een wisselspanningsmeting uit te voeren
- ?
  Het ? geeft aan dat de DMM het resultaat van de meting naar de computer/besturingseenheid moet sturen
- 20, en 0.001
  De waarden 20, en 0.001 specificeren het bereik (20 V) en de resolutie (.001 V) van de meting.

10.14 De "General Purpose Interface Bus" GPIB

6/10.15

De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

Inleiding

Van GPIB naar VXI/VME

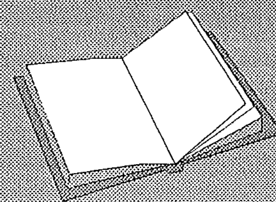
In hoofdstuk 6/10.14 wordt de GPIB-bus besproken. Met deze bus is het mogelijk **individuele** meetapparaten, zoals een oscilloscoop en een digitale meter, met elkaar te laten communiceren en op afstand te besturen. Dat is fraai, maar die **individuele** apparaten bevatten in feite een heleboel overbodige componenten. Ieder apparaat heeft immers een eigen voeding, zit in een eigen behuizing en heeft een eigen frontplaat. Drie zeer dure elementen!

Het ligt voor de hand dat men op zoek is gegaan naar een systeem waar deze elementen overbodig zijn. De oplossing is VXI. VXI, het letterwoord van "VMEbus eXtensions for Instrumentation" bestaat uit een groot aantal gestandaardiseerde printplaten van diverse fabrikanten, die in een al eveneens gestandaardiseerd rek kunnen worden geplaatst en bestuurd via een PC. Iedere kaart bevat een specifiek meetinstrument, bijvoorbeeld een instrument waarmee men analoge ingangsgrootheden kan digitaliseren, een voeding, een digitale oscilloscoop, etc. Op deze manier kan men dus een modulair meetlaboratorium samenstellen dat via speciale software te bedienen en te besturen is.

VXI en GPIB

De vraag naar een "instrument op kaart" dat voldoet aan industriële standaarden kwam voort uit de noodzaak om de afmetingen en prijzen van meetinstrumentatiesystemen te reduceren, een strakkere timing en synchronisatie tussen diverse apparaten te realiseren en een hogere overdrachtssnelheid te krijgen dan de 1 Mbyte/s die door de 8 bit GPIB wordt geboden. Door zijn modulaire opbouw, de grote bandbreedte en het commerciële succes was de reeds bestaande VME-bus bijzonder aantrekkelijk als meetinstrumentatieplatform. Dankzij de grote populariteit van de VME-bus was dit bussysteem ook gewild als model voor de communicatie tussen apparaten en als besturingsprotocol voor instrumenten. De specificatie van de VXI-bus voegt standaarden toe die nodig zijn om de VME-bus te kunnen combineren met GPIB. Op deze manier ontstaat er een nieuw, modu-

LEES OOK:
Hoofdstuk 6/10.14



lair meetinstrumentatieplatform dat voldoet aan de eisen van vrijwel alle denkbare meetproblemen en -toepassingen.

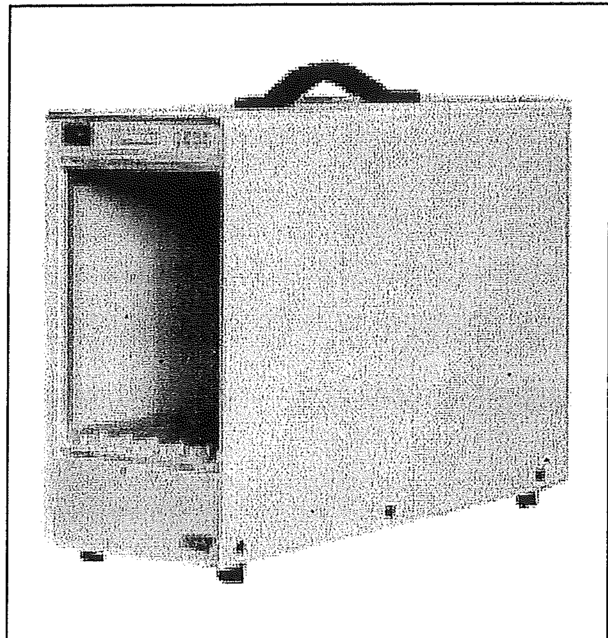
Wat is VXI?

De VXI-bus is een platform voor instrumentatiesystemen. Na de introductie ervan in 1987 heeft de VXI-standaard een sterk groei doorgemaakt en is nu wereldwijd geaccepteerd. Op dit moment zijn er ruim 800 commerciële VXI-produkten verkrijgbaar met een grote verscheidenheid aan fabrikanten. VXI wordt toegepast voor een heel scala van traditionele test- en meetsystemen en voor ATE applicaties (ATE = Automatic Test Equipment). Daarnaast wordt VXI in toenemende mate ingezet als platform voor data acquisitie en analyse in research en industriële besturingstoepassingen. Hoewel sommige systemen enkel en alleen op VXI zijn gebaseerd, gaan de meeste gebruikers ertoe over VXI in bestaande systemen te integreren in combinatie met de traditionele GPIB-instrumenten en/of insteekbare data acquisitie kaarten.

Het VXI-mainframe

VXI maakt gebruik van een mainframebehuizing met maximaal 13 vrije connectoren (slots) voor het plaatsen van modulaire instrumenten op insteekkaarten. Vrijwel overal is een breed scala aan instrumenten en mainframe afmetingen verkrijgbaar. Instrumenten van diverse afmetingen kunnen in één mainframe worden ondergebracht. In figuur 6/10.15-1 is als voorbeeld een mainframe voorgesteld dat vier kaarten kan bevatten.

Omdat de VXI is gebaseerd op de wereldwijde VME-bus standaard, kunnen ook bestaande VME-modules in een VXI-systeem worden toegepast. Het VXI-backplane (achterwand met de uitbreidingsconnectoren en bedrading) biedt plaats aan standaard 32 bit brede VME-computerbus en een paar krachtige extra instrumentatiebussen voor de nauwkeurige timing en synchronisatie tussen de verschillende instrumenten.



Figuur 6/10.15-1: Een mainframe voor vier kaarten.

VXI Plug&Play

VXI Plug&Play is een naam die wordt gebruikt voor VXI-produkten die extra gestandaardiseerde eigenschappen bezitten welke verder gaan dan de basis VXI-specificaties. Deze aanvullende eigenschappen, die voor een groot deel betrekking hebben op de software, zijn door de "VXI Plug&Play Systems Alliance" vastgelegd in specificaties. VXI Plug&Play-compatibele instrumenten beschikken over gestandaardiseerde software die in het apparaat is ondergebracht. Deze software biedt gestandaardiseerde, programmeerbare frontpanelen, besturingspro-

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

gramma's (drivers) voor de instrumenten en installatiediskettes zodat de VXI-apparaten eenvoudig kunnen worden bediend en in een compleet systeem kunnen worden geïntegreerd.
De VXI Plug&Play technologie verschaft standaarden op systeemniveau zodat het VXI-systeem een zogenaamd "open systeem" blijft.

De voordelen van het VXI-systeem
Het VXI-systeem biedt gebruikers de volgende voordelen:
- open, bij vele leveranciers verkrijgbare gestandaardiseerde systemen bieden maximale flexibiliteit en voorkomen snelle veroudering;
- verhoogde systeemdoorvoersnelheid reduceert de testtijd en vergroot de toepassingsmogelijkheden van de apparatuur;
- vanwege de geringere afmetingen en de hogere componentendichtheid nemen de systemen minder ruimte in, zijn gemakkelijker te verplaatsen of te transporteren en kunnen ze in de nabijheid worden opgesteld van de apparaten die moeten worden getest of bestuurd;
- meer meetcapaciteit door een nauwkeuriger timing en synchronisatie;
- gestandaardiseerde VXI Plug&Play software voor systeemconfiguratie, programmering en eenvoudige integratie;
- modulaire, robuuste constructie verhoogt de betrouwbaarheid, vergroot de MTBF (mean-time between failure) en vermindert de MTTR (mean-time to repair).

De leden van het "VXIbus Consortium" en de "VXI Plug&Play Systems Alliance" hebben hun krachten gebundeld en technisch hoogstaande standaarden ontwikkeld voor zowel de hardware als de software. Dit heeft geleid tot een geheel nieuwe generatie gemakkelijk te gebruiken instrumentatiesystemen voor de industrie.

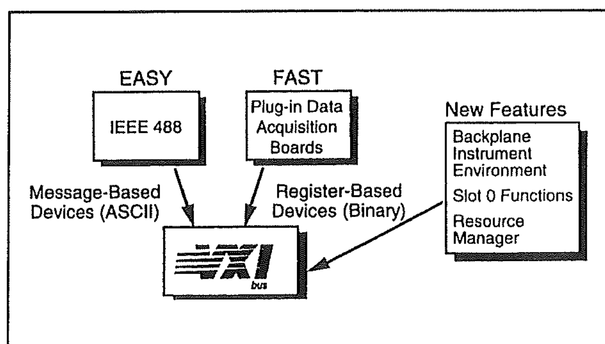
Open industriële standaarden
De VXIbus hardware standaarden zijn door het "VXIbus Consortium" ontwikkeld als open, industriële standaarden. Ditzelfde geldt voor de VXI Plug&Play standaarden op systeemniveau die zijn ontwikkeld door de "VXI Plug&Play Systems Alliance". Veel van 's werelds grootste instrumentatieleveranciers zijn lid van beide organisaties zoals National Instruments, GenRad, Hewlett-Packard, Tektronix, Racal Instruments, Wavetek en anderen. Het "VXIbus Consortium" en de "VXI Plug&Play Systems Alliance" zijn actieve, krachtige organisaties die zich inzetten voor het behoud van een open, overal verkrijgbare VXI-technologie en voor een verdere uitbouw van het succes ervan. De VXI hardwarespecificaties gaan veel verder dan eerdere specificaties in het definiëren van de noodzaak tot onderlinge samenwerking tussen hardware van verschillende merken, met inbegrip van de eisen die aan de mechanische uitvoering en de omgeving worden gesteld. Het betreft hierbij zaken als de afmetingen van de modulen, koeling van mainframe en modulen en de EMC-compatibiliteit tussen de modulen, alsook de geautomatiseerde systeeminitialisatie en de software communicatieprotocollen.
Ook de VXI Plug&Play standaarden die zijn gebaseerd op deze VXI-specificaties, gaan veel verder dan eerdere specificaties op het gebied van het definiëren van de onderlinge samenwerking op systeemniveau door middel van gestandaardiseerde software hetgeen compatibiliteit garandeert tussen software van verschillende leveranciers. Dankzij deze open stan-

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

daarden kan voor elk systeem, afhankelijk van de applicatie, een VXI-hardware en -software component worden gekozen in de wetenschap dat ook componenten van verschillende leveranciers betrouwbaar in één systeem zullen werken.

De beste technologieën verenigd

In wezen combineert VXI de beste technologie van GPIB-instrumenten, modulair opgebouwde insteekbare data acquisitiekaarten en moderne computers, zie figuur 6/10.15-2.

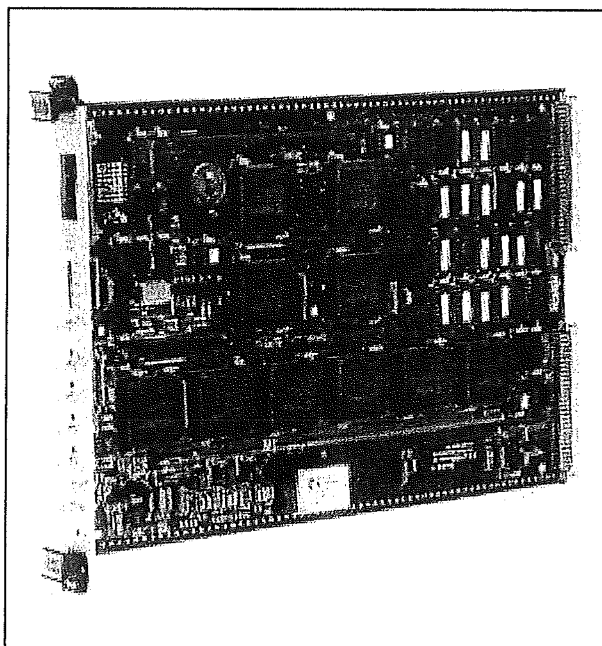


Figuur 6/10.15-2: De technologische bronnen van de VXI-technologie.

Net als GPIB biedt VXI een veelheid aan krachtige instrumenten van een groot aantal toonaangevende leveranciers uit de hele wereld. Naar analogie van de insteekkaarten voor de PC biedt VXI modulariteit, flexibiliteit en veel betere prestaties. Omdat VXI een krachtige instrumentatieomgeving combineert met een modern computer backplane, kunnen VXI-instrumenten op zeer hoge snelheden communiceren onder gebruikmaking van de beste technieken van zowel GPIB-instrumenten als insteekbare data acquisitiekaarten.

Gemakkelijk te gebruiken

Om er voor te zorgen dat VXI gemakkelijk te gebruiken is, combineert VXI-software de beste technologie die is ontwikkeld voor het programmeren van zowel GPIB-instrumenten als insteekbare data acquisitiekaarten. Om het programmeren te vereenvoudigen is eveneens krachtige eigen VXI-software beschikbaar. Dankzij de VXI Plug&Play standaarden worden VXI-instrumenten geleverd met kant en klare gestandaardiseerde software met inbegrip van programmeerbare frontpanelen, instrument besturingsprogramma's (drivers) en installatieroutines die door de producent van de instrumenten zijn geschreven om optimaal gebruik te kunnen maken van de mogelijkheden die het instrument biedt en om het programmeren voor de gebruiker zo gemakkelijk mogelijk te maken.



Figuur 6/10.15-3: Een VXI digitale functiegenerator.

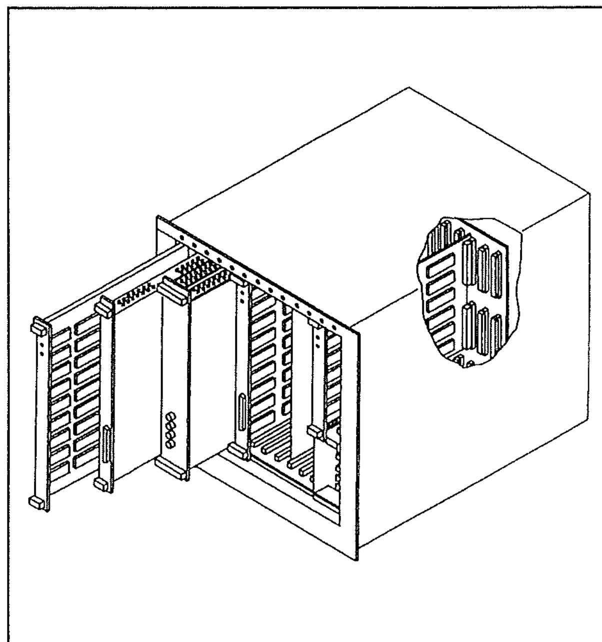
VXI voor testen en meten

VXI wordt toegepast bij een heel scala van traditionele test- en meetsystemen en voor ATE-applicaties. Er is een groot aantal

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

klassieke instrumenten beschikbaar in VXI waaronder voltmeters, tellers/timers, digitisers, functiegeneratoren en schakelmodulen, zie figuur 6/10.15-3. Omdat deze instrumenten op dezelfde manier kunnen worden gebruikt en geprogrammeerd als hun GPIB-voorgangers, kunnen bestaande systemen gemakkelijk worden opgewaardeerd tot VXI. Met nauwelijks of geen risico kan de overstap worden gewaagd en kan worden geprofiteerd van geringere afmetingen, lagere kosten, gemakkelijker programmering en betere prestaties dan eerder met de GPIB-instrumenten mogelijk was. VXI-systemen kunnen gemakkelijk opnieuw worden geconfigureerd en zijn eenvoudig uit te breiden om in de huidige en toekomstige behoeften te voorzien.
Omdat de architectuur van het VXI-backplane veel meer mogelijkheden biedt dan de GPIB, zijn er veel nieuwe VXI-instrumenten die niet beschikbaar zijn binnen het GPIB-systeem. Veel van deze instrumenten zijn geïmplementeerd als combinaties van VXI-modulen die op zeer hoge snelheid met elkaar communiceren. Een dergelijk modulair, configureerbaar systeem vormt voor de gebruiker een "super instrument" dat prestaties en meetcapaciteiten levert die alleen in VXI mogelijk zijn. Naast alle andere voordelen verschaft VXI de traditionele GPIB-gebruikers doorgroeimogelijkheden naar een nieuwe generatie test- en meetinstrumenten die met GPIB niet bereikbaar zouden zijn.

VXI voor data acquisitie
Data acquisitie en besturingssystemen, gebaseerd op de VME-bus, komen veel voor in de industrie en op het gebied van de research. Met behulp van VXI kunnen bestaande VME-modulen worden opgewaardeerd om de prestaties en de betrouwbaarheid ervan te vergroten. De meeste data acquisitie en besturingssystemen kunnen sterk profiteren van VXI. Naast de klassieke instrumenten die veelal door GPIB-gebruikers worden ingezet, zijn er vele data acquisitie en besturingsmodulen verkrijgbaar bij de traditionele data acquisitie leveranciers. Deze modulen omvatten A/D, D/A, digitale I/O, multiplexing en signaalconditionering met diverse kanalen, bemonsteringssnelheden en resolutie.



Figuur 6/10.15-4: De opbouw van een VXI mainframe chassis.

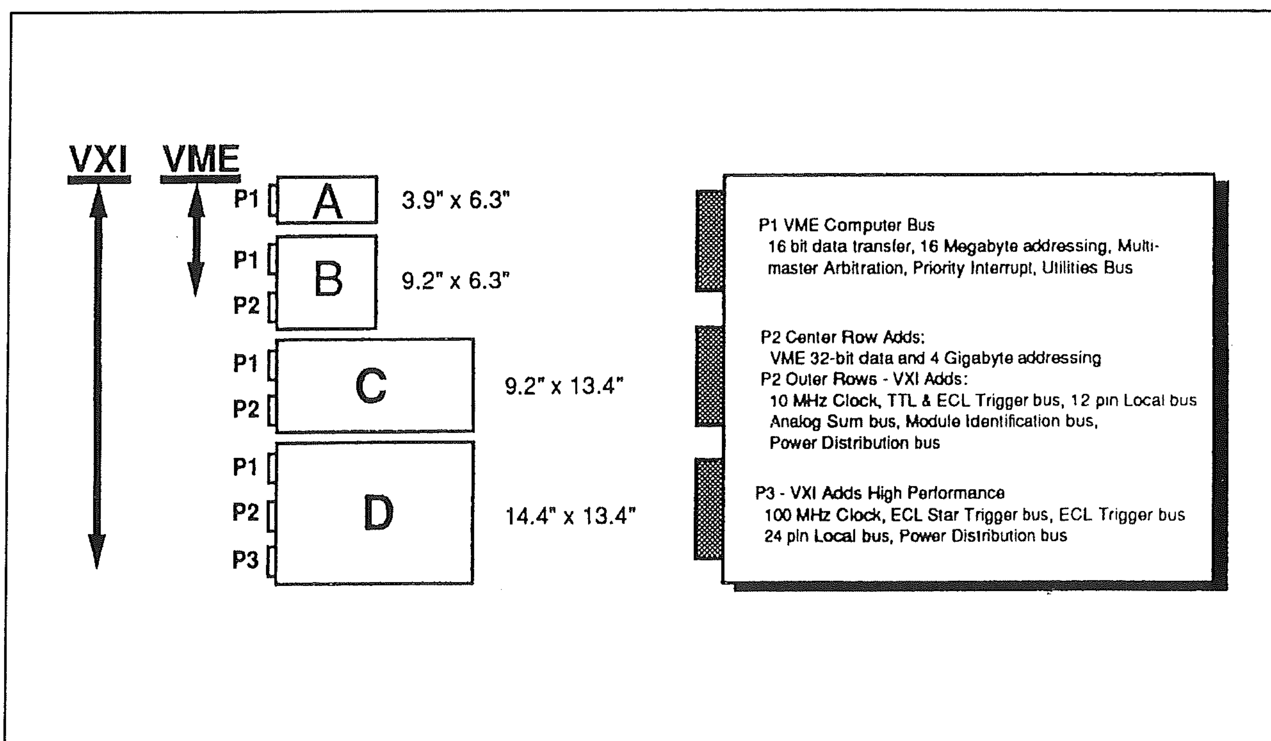
VXI bezit een zeer hoge componentendichtheid per module en is daarom uitermate geschikt voor applicaties met veel kanalen. Daarbij komt dat met de VXI multi-processing architectuur, de hoge datadoorvoersnelheden en een gemeenschappelijk gebruik van het geheugen, meerdere kanalen van een data acquisitiesysteem in real-time kunnen worden verwerkt. Ook kunnen er VXI-systemen wor-

den opgezet door verschillende VXI-mainframes op grote afstanden ten opzichte van elkaar op te stellen. Vanwege deze voordelen is het VXI-bus systeem gunstig ontvangen in de data acquisitie en besturingsmarkt en maakt het een snelle groei door.

De hardware structuur

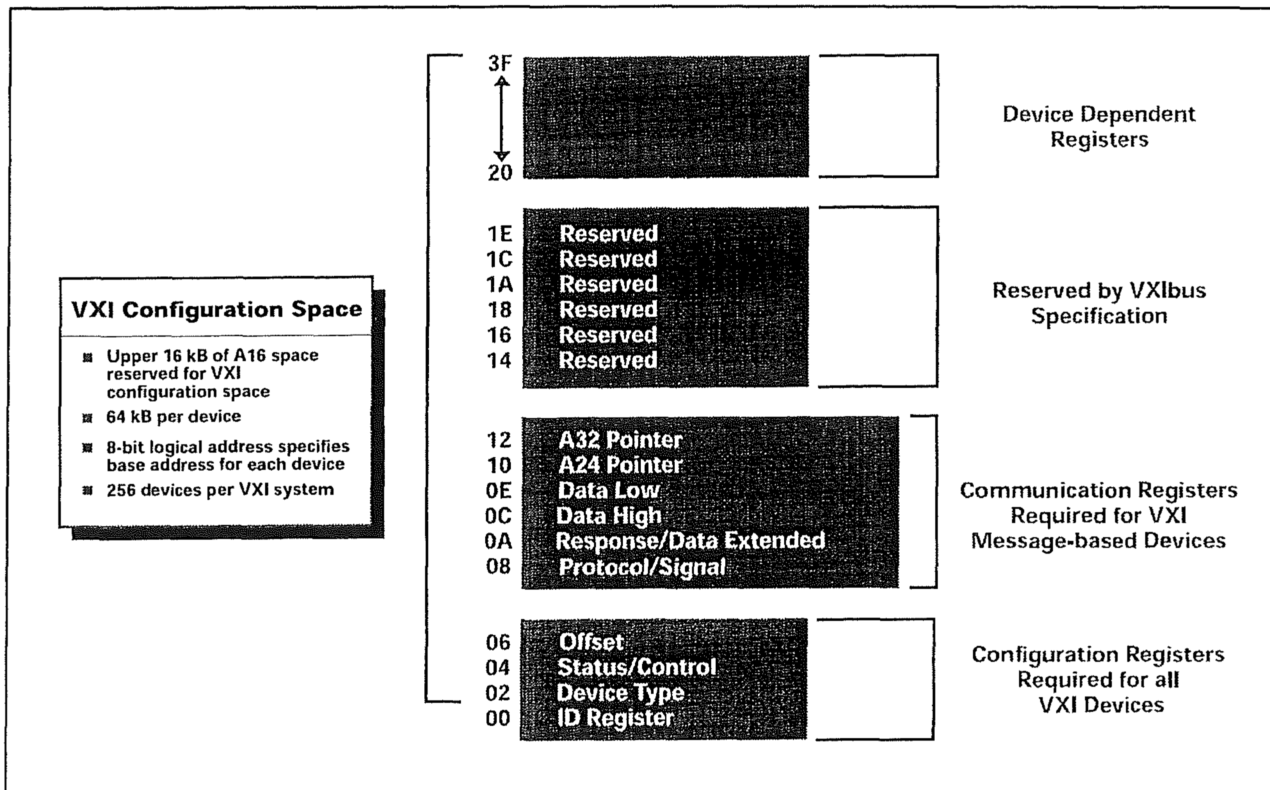
Inleiding

Een VXI-bus systeem bestaat in principe uit een mainframe chassis dat de montage- en backplane-aansluitingen bevat voor insteekbare modulen, zie figuur 6/10.15-4. De VXI-bus gaat qua basisarchitectuur uit van de industriële standaard IEEE-1014 VME-bus. Zoals in figuur 6/10.15-5 is te zien maakt VXI gebruik van de volledige 32 bit VME-architectuur waaraan twee kaarten met verschillende afmetingen en een connector zijn toegevoegd. De P1 connector en de middelste rij van de P2 connector zijn exact uitgevoerd volgens de VME-specificatie. De bij de VME door de gebruiker te specificeren pennen op de P2 connector en de extra pennen op P3, de derde VXI-connector, implementeren de instrumentatiesignalen tussen de insteekmodulen rechtstreeks op het backplane. De VXI-specificatie bevat eisen ten aanzien van de behuizing, de elektromagnetische compatibiliteit, de spanningsvoorziening, de koeling en de luchtstroom voor VXI-mainframes en insteekmodulen. De modulen worden in de mainframe connectoren gestoken. LED's, schakelaars, testpunten en I/O-verbindingen zijn toegankelijk via het frontpaneel van de module.



Figuur 6/10.15-5: De afmetingen van de VXI-kaarten en de drie connectoren P1, P2 en P3.

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard



Figuur 6/10.15-6: De configuratieregisters van VXI.

De koeling

De luchtstroom gaat van beneden (P3) naar boven (P1). Voor alle modulen moeten koelingseisen worden vastgesteld die in de produktspecificaties worden opgenomen. Ook de minimaal vereiste luchtstroom moet in deze specificaties worden vastgelegd. Leveranciers van mainframes zijn gehouden soortgelijke informatie met betrekking tot hun mainframes te verschaffen.

EMC en ruis

Het toevoegen van een nieuwe module aan een VXI-systeem mag niet tot gevolg hebben dat de prestaties van een andere module afnemen. Om te voorkomen dat een module interfereert met de werking van andere modulen bevat de VXI-specificatie eisen ten aanzien van "near-field" straling en immuniteit. Om beter aan deze eisen te kunnen voldoen is de VXI-module verbreed van de standaard 0.8 inch van VME naar 1.2 inch (ongeveer 3 cm). Hierdoor is er voldoende ruimte beschikbaar om de module ter afscherming volledig te omgeven met een metalen behuizing. De metalen behuizingen maken contact met de aarde van het backplane. Daardoor passen bestaande VME-kaarten wel in een VXI-chassis maar niet andersom.

De VXI-specificatie voorziet ook in eisen op het gebied van geleide-emissie en immuniteit. Daarmee wordt voorkomen dat ruis van de voeding invloed heeft op de prestaties van een module. Met betrekking tot "far-field" uitgestraalde emissies zoals FCC en VDE mag elke module niet meer dan een deel van het geheel bijdra-

gen. In een mainframe dat bijvoorbeeld 13 modulen bevat mag elke module niet meer dan 1/13 van de toegestane totale emissie uitstralen. Gezien de behoefte aan uiterst nauwkeurige tijdkoppeling tussen de modulen die gebruik maken van het backplane, is het zaak om ruis en overspraak tussen het kloksignaal en de triggersignaallijnen op het backplane zo gering mogelijk te houden.
Het backplane moet zich gedragen als een enkelvoudige monolitische kaart voor elke willekeurige connector.

Hardware registers
VXI-modulen moeten zijn voorzien van een speciale reeks registers die zich op specifieke adressen bevinden, zie figuur 6/10.15-6. De bovenste 16 kbyte (K) van de 64 kb A16 adresruimte zijn gereserveerd voor VXI-apparaten. Elk VXI-apparaat heeft een 8 bit logisch adres dat specificeert waar in deze adresruimte de registers zich bevinden.
Een VXI-systeem kan uit maximaal 256 VXI-apparaten bestaan. Het logische adres van een VXI-apparaat, dat handmatig kan worden ingesteld of automatisch door het systeem kan worden geconfigureerd tijdens het opstarten, komt overeen met het GPIB-adres van een GPIB-apparaat.

De software structuur

Register-gebaseerde apparaten
Dankzij de VXI-configuratieregisters, die voor alle VXI-apparaten nodig zijn, kan het systeem elk VXI-apparaat herkennen en voor elk van deze apparaten het type, het model, de producent, de adresruimte en de geheugeneisen afleiden. VXI-apparaten, die alleen over deze minimale mogelijkheden beschikken, worden register-gebaseerde apparaten genoemd. Met behulp van deze algemene reeks configuratieregisters kan de gecentraliseerde Resource Manager (RM), in wezen een software-module, een automatische systeem- en geheugenconfiguratie uitvoeren wanneer het systeem wordt geïnitialiseerd.

Berichten-gebaseerde apparaten
Naast de register-gebaseerde apparaten definieert de VXI-bus specificatie ook berichten-gebaseerde apparaten die moeten beschikken over communicatieregisters en configuratieregisters.
Ongeacht het merk kunnen alle berichten-gebaseerde VXI-apparaten communiceren op een minimum niveau door gebruik te maken van het VXI-gespecificeerde "Word Serial Protocol". Wanneer deze minimum communicatie mogelijk is kunnen ook krachtiger communicatiekanalen zoals gedeeld geheugen (shared memory) kanalen, worden opgezet teneinde de voordelen van de VXI-bandbreedte ten volle te benutten.

Word Serial Protocol
Het "Word Serial Protocol" lijkt qua functies sterk op het IEEE-488 protocol waarbij gegevensberichten naar en van apparaten worden overgebracht met één byte of woord tegelijk. Dit betekent dat VXI berichten-gebaseerde apparaten communiceren op een manier die overeenkomst vertoont met IEEE-488 instrumenten. Over het algemeen beschikken berichten-gebaseerde apparaten over een bepaalde mate van lokale intelligentie waarvoor een hoog communicatieniveau wordt gebruikt ofwel is vereist. Alle VXI berichten-gebaseerde apparaten worden geacht gebruik te maken van het "Word Serial Pro-

tocol" zodat de communicatie volgens de standaard verloopt. Het protocol wordt "word serial" genoemd omdat de communicatie met een berichten-gebaseerd apparaat plaatsvindt middels het schrijven en lezen van 16 bit woorden per keer naar en van de Data In en Data out hardware registers van het apparaat zelf. Het tempo van de "word serial" communicatie wordt aangegeven door bits in het antwoordregister van het apparaat die te kennen geven dat het Data In register leeg is respectievelijk het Data out register vol is. Deze methode vertoont grote overeenkomsten met de werkwijze van de universele asynchrone zender/ontvanger (UART) op een seriële poort.

Meester/slaaf hiërarchieën

De VXI-bus definieert een zogenaamd meester/slaaf communicatieprotocol voor het samenstellen van hiërarchische systemen die gebruik maken van de begripslagen van VXI-apparaten. Deze structuur doet denken aan een omgekeerde boom. Een meester is ieder apparaat in de hiërarchie met een of meer daaraan gekoppelde apparaten van een lager niveau, slaven genaamd. Een slaaf is een willekeurig apparaat in de boomstructuur van de meester. In een meerlaags hiërarchie kan een apparaat zowel een meester als een slaaf zijn.

Een meester heeft de alleenheerschappij over de communicatie- en configuratieregisters van zijn directe slaven (een of meer). Elke VXI-module heeft slechts één meester. Meesters communiceren met slaven via de communicatieregisters van de slaven en door gebruik te maken van het "Word Serial Protocol" (indien de slaaf een berichten-gebaseerd apparaat is) of door middel van apparaat-specifieke registermanipulatie (indien de slaaf een register-gebaseerd apparaat is). Slaven communiceren met hun meester door te reageren op de "Word Serial"-commando's en ondervragingen van hun meester via het protocol (indien ze berichten-gebaseerd zijn) of door middel van de apparaat-specifieke registerstatus (indien ze register-gebaseerd zijn).

Interrupts

Slaven kunnen asynchroon hun status en gebeurtenissen melden aan hun meester via hardware interrupts of door specifieke berichten (signalen) rechtstreeks in het hardware signaalregister van hun meester te schrijven.

Apparaten zonder busmeester verzenden dergelijke informatie altijd via interrupts, terwijl apparaten met de capaciteiten van een busmeester zowel van interrupts gebruik kunnen maken alsook signalen kunnen zenden. Sommige meesters kunnen alleen signalen ontvangen, terwijl andere alleen interrupts kunnen afhandelen.

De VXI-specificatie bevat gedefinieerde commando's zodat een meester op de hoogte is van de mogelijkheden van zijn berichten-gebaseerde slaven en deze zodanig kan configureren dat ze op een speciale manier interrupts of signalen genereren. Zo kan een meester zijn slaven instrueren om van een specifieke interruptlijn gebruik te maken, om signalen te verzenden in plaats van interrupts te genereren of om de rapportage zodanig in te richten dat alleen een bepaalde status of foutcondities worden gemeld.

Alhoewel het protocol is gereserveerd voor de meester/slaaf communicatie, kan tussen twee VXI-apparaten ook peer-to-peer communicatie (communicatie tussen twee gelijkwaardige knooppunten) worden gerealiseerd door middel van een gespecificeerd gedeeld-geheugen proto-

col of simpelweg door specifieke berichten rechtstreeks naar het signaalregister van het apparaat te schrijven.

Connector 0 en de RM

De meest linkse connector van een VXI-chassis heeft speciale systeemhulpbronnen (resources) zoals de kloksignalen van het backplane, configuratiesignalen en synchronisatie (trigger) signalen. In deze connector dient een apparaat met VXI "Slot 0" voorzieningen te worden gestoken.

De VXI "Resource Manager" (RM) functie, in wezen een software module, kan zich op elke willekeurige VXI-module bevinden of zelfs op een externe computer. In combinatie met het "Slot 0" apparaat identificeert de RM elk apparaat in het systeem. Ook wijst hij logische adressen en geheugenconfiguraties toe en realiseert hij meester/slaaf hiërarchieën, gebruik makend van het protocol om slaven toe te wijzen aan de meesters in het systeem. Nadat de meester/slaaf hiërarchie is opgezet, stuurt de RM het "begin normal operation word serial" commando naar alle meesters. Tijdens normaal bedrijf kan de RM, indien noodzakelijk, het systeem stoppen en /of de hiërarchie aanpassen.

VXI-software

Het programmeren van een VXI-systeem vanaf een ingesloten of van MXI-voorziene computer vereist "low-level layer software" die zorgt voor de interface naar de VXI-bus. Deze VXI "bus interface software" bevat tevens de RM voor het initialiseren van het VXI-systeem, editors voor het beschrijven van de gewenste VXI systeemconfiguratie, interactieve hulpmiddelen voor het foutzoeken en uitleg over VXI-apparaten, alsook een bibliotheek met routines voor het programmeren van VXI. Om VXI te programmeren met behulp van een standaard taal zoals C of BASIC moet de programmeertaal VXI-specifieke routines bevatten die de VXI communicatieprotocollen implementeren. De VXI-interface software voorziet hierin.

Of VXI nu wordt geprogrammeerd met behulp van een standaard taal of via een applicatiesoftware-pakket van een hoog niveau om het programmeren te vereenvoudigen, de VXI-interface software is in het systeem aanwezig op het laagste niveau. Met andere woorden, alle software die door de gebruiker voor VXI wordt ontwikkeld is gebaseerd op deze "low-level layer" van de VXI-interface software.

NI-VXI bus interface software

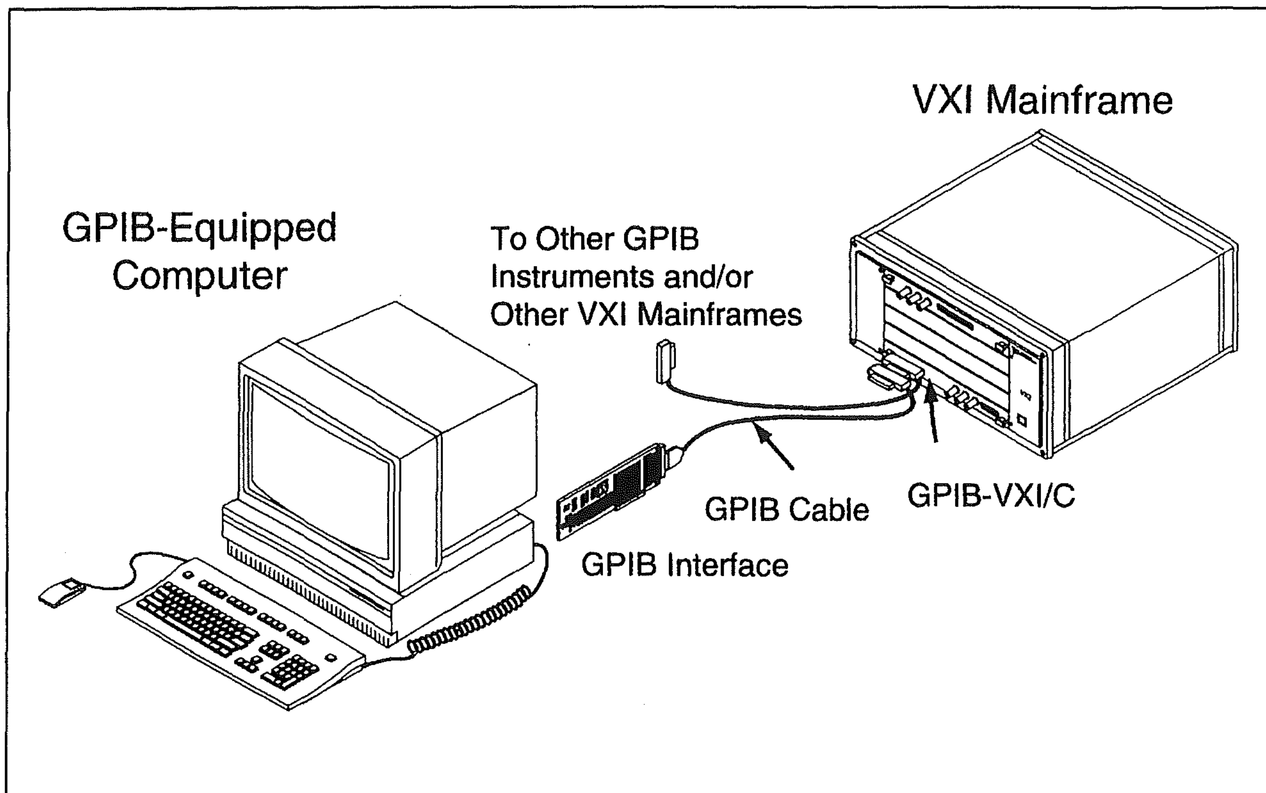
De "NI-VXI bus interface software" van National Instruments vormt de standaard voor een groot aantal hardware platforms en besturingssystemen. Deze standaardisatie biedt de garantie dat de VXI-software die momenteel wordt ontwikkeld goed kan draaien op een groot aantal verschillende platforms en ook in de toekomst eenvoudig kan worden overgezet naar nieuwe platforms.

Applicatie software

Het ontwikkelen van software voor VXI veronderstelt dezelfde programmeervaardigheden die voor GPIB-systemen nodig zijn.

De VXI-instrumenten zijn echter nauw verbonden met de hulpbronnen van het computersysteem en de software van het besturingssysteem. Daarbij komt nog dat de meeste VXI-instrumenten niet beschikken over frontpanelen waarmee gebruikers de eigenschappen zichtbaar kunnen maken en fouten in de werking kunnen opsporen.

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard



Figuur 6/10.15-7: Een door GPIB bestuurd VXI-systeem.

Om de voordelen van VXI ten volle te kunnen benutten, dient de gemiddelde gebruiker over veel betere softwarehulpmiddelen te kunnen beschikken dan die welke voor GPIB-systemen noodzakelijk zijn en die over het algemeen worden geprogrammeerd met gemakkelijk te leren talen zoals BASIC.

De grafische capaciteiten van de moderne PC's maakten de opkomst van produkten als LabVIEW en LabWindows van National Instruments mogelijk. Met behulp van deze produkten, die zijn afgestemd op de complexiteit van de programmering van de GPIB, kunnen frontpanelen worden geïmiteerd op een computerscherm hetgeen het programmeren van VXI vergemakkelijkt. Grafische menu's, objecten en diagrammen kunnen worden gemanipuleerd teneinde klantspecifieke software voor de beoogde applicatie te ontwerpen. Deze grafische gebruikersinterfaces zijn representatief voor de moderne instrumentatie software technologie en zijn optimaal aangepast aan de eisen die VXI stelt. Moderne grafische software hulpmiddelen, gecombineerd met het modulaire en sterk geïntegreerde VXI systeem, staan garant voor een hoge mate van gebruikersgemak, ook indien de systemen complexer en krachtiger zijn.

GPIB-besturing van VXI

Een van de meest populaire VXI systeemconfiguraties is het besturen van VXI door middel van een computer die is voorzien van GPIB. Bij deze configuratie worden een of meer VXI-mainframes gekoppeld aan een externe computer via standaard GPIB-kabels. De computer communi-

ceert via de GPIB met een GPIB-VXI/C interfacemodule die zich in de meest linkse connector van het mainframe bevindt, zie figuur 6/10.15-7. De GPIB-VXI/C zet de GPIB-protocollen transparant om naar VXI-protocollen en omgekeerd.
De computer bestuurt de VXI-instrumenten net zo als de GPIB-instrumenten. Alle functies voor het initialiseren van het VXI-mainframe en het transparant omzetten van de GPIB en VXI communicatieprotocollen zijn ondergebracht in firmware op de GPIB-VXI/C. De GPIB-VXI/C wordt samen met de VXI-instrumenten in het VXI-mainframe geplaatst. De GPIB-kabel wordt vanaf de computer op het frontpaneel van de GPIB-VXI/C aangesloten en de computer die met GPIB is uitgerust, bestuurt elk VXI-instrument alsof het een afzonderlijk GPIB-instrument is met een uniek GPIB-adres. Een ingebouwde commandoreeks op de GPIB-VXI/C zélf verschaft de computer toegang tot interne VXI-specifieke functies, zoals details van de systeemconfiguratie en besturing van de triggerlijnen van het backplane wanneer deze op de applicatie moeten worden afgestemd.

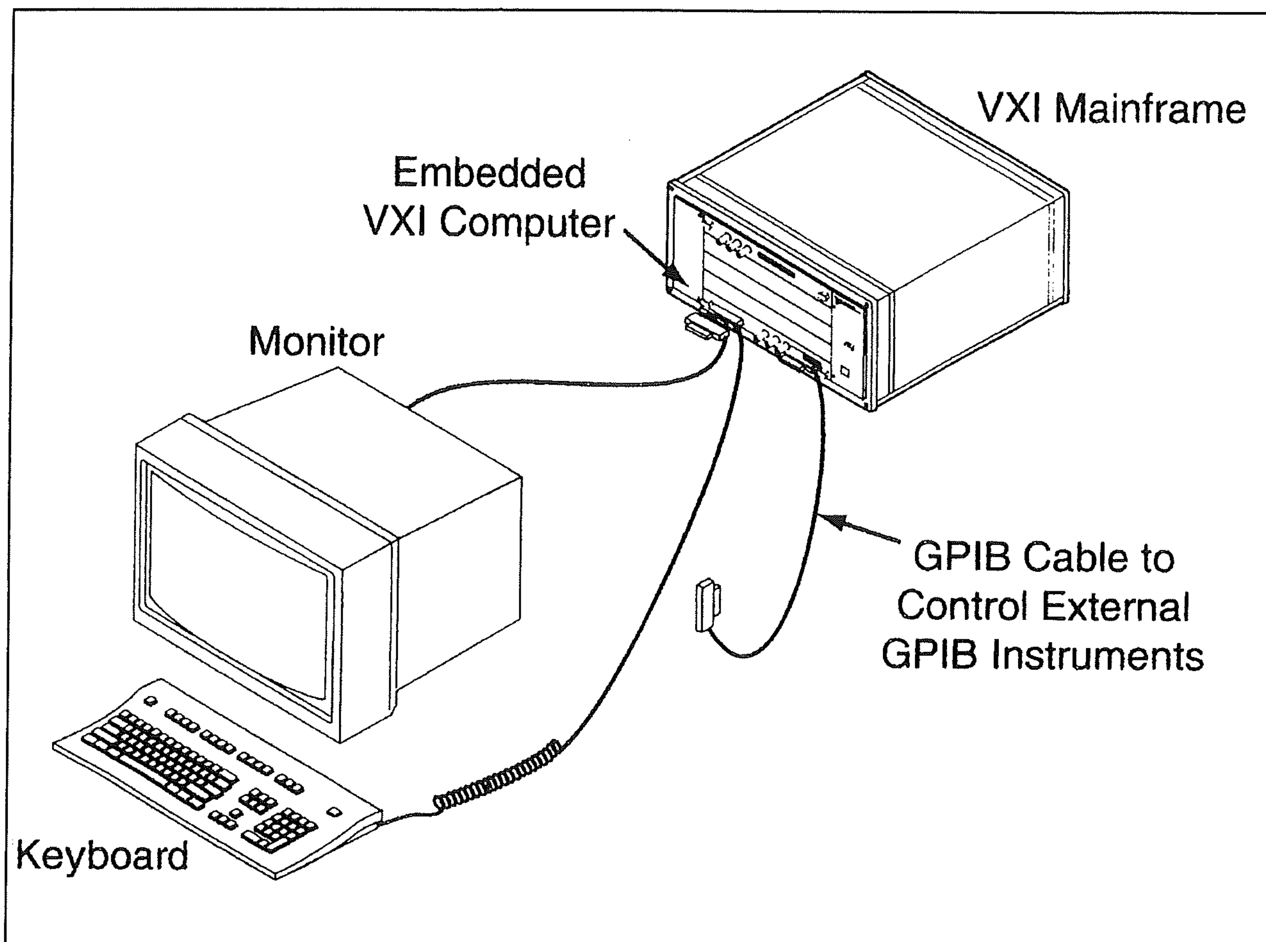
Gemakkelijk software ontwikkelen
Het voordeel van het besturen van VXI via GPIB is dat er gebruik kan worden gemaakt van de bestaande GPIB-computer en -software hulpmiddelen. Daarnaast kan worden geprofiteerd van de modulaire opbouw, de krachtige prestaties en de enorme ruimtewinst van VXI. Er kan een systeem worden opgezet met alle VXI-instrumenten, maar VXI kan ook met een minimum aan inspanning naadloos worden geïntegreerd in een bestaand GPIB-systeem. Nodig hiervoor zijn een GPIB-interface voor de computer, een GPIB-VXI/C module, een VXI-mainframe en de gekozen VXI-instrumenten. Omdat deze VXI-instrumenten op dezelfde manier worden geprogrammeerd als de bekende GPIB-instrumenten, kunnen de reeds vertrouwde computer- en software-hulpmiddelen worden gebruikt.
Wanneer de GPIB-verbinding met VXI voldoet aan VXI Plug&Play (hetgeen bij de GPIB-VXI/C het geval is), kan gebruik worden gemaakt van de gestandaardiseerde ingebouwde software van de VXI Plug&Play instrumenten.

Toepassingsvoorbeelden

Geavanceerde toepassingen
Een optie voor meer geavanceerde GPIB-applicaties is om gebruik te maken van een ingesloten VXI-computer zoals de VXIpc-486 van National Instruments in plaats van de GPIB-VXI omzettingsmodule. Wordt gekozen voor deze benadering, dan kunnen grote delen van de applicatiesoftware in het VXI-mainframe op de GPIB-VXI omzetter zelf worden ingebouwd. Met andere woorden: er kan gebruik worden gemaakt van een ingesloten VXI-computer met VXI-software hulpmiddelen zoals LabVIEW en LabWindows om GPIB-bestuurde super-instrumenten volgens eigen ontwerp te bouwen. Via een commando van de GPIB wordt de ingesloten VXI-computer geïnstrueerd om een serie ingewikkelde testen uit te voeren waarbij het prestatievermogen van VXI ten volle wordt benut.

Embedded VXI-computers
Embedded of ingesloten VXI-computers zijn VXI-computers die rechtstreeks in het VXI-mainframe worden geplaatst, zie figuur 6/10.15-8.

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard



Figuur 6/10.15-8: Een VXI-systeem met ingesloten computer.

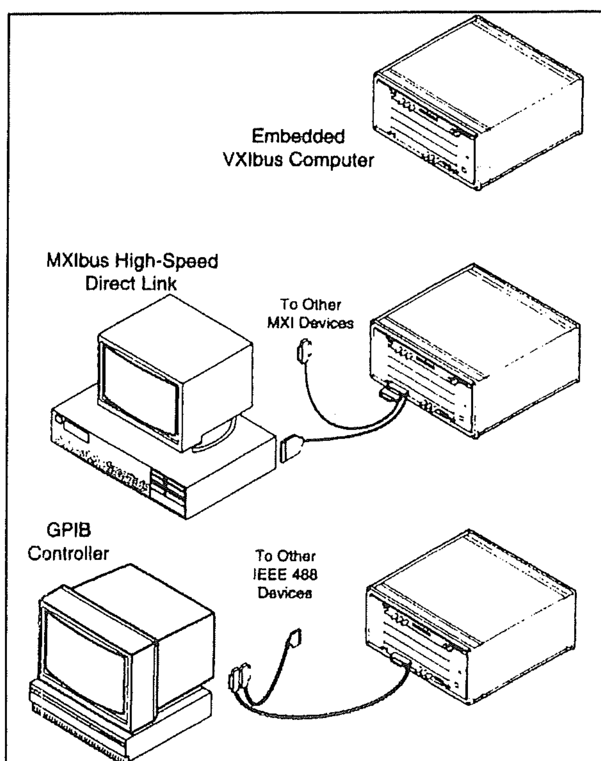
Deze besturingsoptie houdt in dat de afmetingen van het VXI-systeem zo klein mogelijk zijn. Belangrijker is echter dat deze optie voorziet in een rechtstreekse koppeling, zodat de computer alle mogelijkheden van het VXI-backplane optimaal kan benutten.

Gedistribueerde real-time besturing
Een andere mogelijkheid voor een ingesloten computer is gedistribueerde real-time VXI-besturing. Er kunnen een of meerdere VXI-mainframes, elk voorzien van een real-time computer zoals de VXIcpu-030 van National Instruments, via een Ethernet netwerk met een hoofdbesturingscomputer (host) onder Unix worden gekoppeld. De VXIcpu-030 kan opstarten via het netwerk of een plaatselijk diskettestation en terminals op willekeurige plaatsen in het netwerk vormen de gebruikersinterface.
De VXIcpu-030 is vooral aantrekkelijk voor gebruikers die bekend zijn met Unix en real-time besturingssystemen, over applicaties beschikken waarvoor de real-time besturing van VXI vereist is of over applicaties met diverse mainframes die zich op grote afstand ten opzichte van elkaar bevinden.

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

Bepalen van de doelstellingen
De eerste stap bij het toepassen van VXI is het bepalen van de doelstellingen. Hoe luidt de strategie en wat wordt beoogd? Wordt VXI geïntegreerd in een bestaand systeem of wordt er een nieuw systeem ontworpen? Welke voordelen biedt VXI in de specifieke situatie? Het is belangrijk om realistische verwachtingen te koesteren ten aanzien van het beoogde succes.

Keuze van de systeemconfiguratie
VXI kan op verschillende manieren worden gebruikt. Enerzijds kan VXI in een systeem worden geïntegreerd samen met GPIB-instrumenten en data acquisitiekaarten, maar er kan ook een systeem worden gebouwd dat alleen uit VXI-instrumenten bestaat. Elk van de verschillende systeemconfiguraties heeft zo zijn eigen voordelen, zie figuur 6/10.15-9.



Figuur 6/10.15-9: Drie configuraties met VXI-instrumenten.

De eerste configuratie bestaat uit een of meer VXI-mainframes die zijn gekoppeld aan een externe computer via de GPIB. Deze configuratie kan worden gebruikt om VXI geleidelijk te integreren in bestaande GPIB-systemen en de VXI-instrumenten te programmeren met behulp van bestaande GPIB-software.
Bij de tweede configuratie is een VXI-computer rechtstreeks ingesloten in het mainframe. Bij deze configuratie kan de computer volledig gebruik maken van alle mogelijkheden van VXI omdat er rechtstreeks kan worden gecommuniceerd met het VXI-backplane.
De derde configuratie vormt een combinatie van de voordelen van een ingesloten computer en de flexibiliteit van computers voor algemene doeleinden. Bij deze configuratie wordt gebruik gemaakt van een zeer snelle MXI-verbinding om een externe computer rechtstreeks te koppelen aan het VXI-backplane.

Keuze van de software
Het kiezen van de software voor een VXI-systeem verdient veel aandacht. Door bij deze keuze gebruik te maken van de VXI Plug&Play richtlijnen verloopt de systeemintegratie zo gemakkelijk mogelijk. VXI Plug&Play definieert namelijk een aantal systeemkaders om de gewenste software te kunnen selecteren. Wanneer voor een bepaald kader is gekozen, kunnen produkten worden geselecteerd in de wetenschap dat de volledige software is inbegrepen en dat deze naadloos in het systeem kan worden geïntegreerd.
Wordt er besloten om VXI te besturen via een GPIB-VXI slot 0, dan is er geen specifieke VXI-software nodig. Elke computer met GPIB-besturing is dan geschikt. Is de keus gevallen op een GPIB-naar-VXI verbinding die VXI Plug&Play compatibel is,

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

dan vereenvoudigt dit de programmeertaak aanmerkelijk omdat in dat geval gebruik kan worden gemaakt van de kant en klare software die bij de VXI Plug&Play compatibele instrumenten is inbegrepen. Wordt er echter voor gekozen om VXI rechtstreeks te besturen via een ingesloten computer of via een computer met een MXI-bus, dan worden er met de besturings-hardware enkele nieuwe software hulpmiddelen geleverd die uniek zijn voor VXI. Is de besturings-hardware compatibel met VXI Plug&Play dan wordt het programmeren van VXI aanmerkelijk vereenvoudigd.

Keuze van het mainframe
Er is een groot aantal mainframes verkrijgbaar van verschillende merken. De keus is niet alleen afhankelijk van het aantal beschikbare insteekconnectoren (slots), maar ook van een aantal andere factoren zoals de capaciteit van de voeding en van de koeling, de mechanische uitvoering, de indeling van de behuizing enzovoort.

Kiezen van instrumenten
Er kan uit een groot aantal VXI-instrumenten worden gekozen. Op dit moment zijn er ruim 800 produkten verkrijgbaar in allerlei prijsklassen en met verschillend prestatievermogen en de keus wordt nog elke dag groter. Naast de traditionele instrumenten met GPIB en data acquisitie-kaarten zijn er ook instrumenten van de "tweede generatie" in omloop die gebruik maken van de unieke VXI-eigenschappen. Hoewel in principe elk instrument in een systeem kan worden toegepast, maken VXI Plug&Play compatibele instrumenten de systeemintegratie zo eenvoudig mogelijk dankzij de software standaarden die voor dit soort instrumenten gelden.

Een praktijksysteem: HP E8408A/E8758A

Hewlett-Packard
In zijn continue streven naar het verlagen van testkosten heeft Hewlett-Packard onlangs de E8408A geïntroduceerd. Het betreft een vierslots VXI-mainframe voor C-formaat modulen die bijna veertig procent lager geprijsd is dan de andere C-formaat racks van HP. Tegelijkertijd heeft HP een compact basistestsysteem uitgebracht.
Deze E8758A is gebaseerd op het nieuwe VXI-rek en omvat daarnaast een IEEE 488-interface voor de PCI-bus en de grafische programmeertaal VEE 5.0. Verder kan bijna elke gewenste combinatie van VXI-modulen vooraf geïnstalleerd worden meegeleverd. De prijs voor de E8758A ligt ruim een kwart lager dan het totale bedrag voor de samenstellende componenten afzonderlijk.

Kleinste en lichtste mainframe
Het E8408A VXI-mainframe is uitgerust met een voeding die 180 W nuttig vermogen kan leveren. Door zijn kleine afmetingen (13,3 bij 36,3 bij 54,1 cm) neemt hij weinig kostbare ruimte van het systeemrek in.
Leeg weegt het mainframe niet meer dan 9 kg en met vier gemiddeld zware C-formaat VXI-modulen blijft het gewicht beneden de 16 kg. De schouderband, het beschermingsdeksel voor het frontpaneel en het opbergvak voor accessoires maken het mainframe zeer geschikt voor applicaties op het gebied van remote data acquisitie. Tot de overige toepassingen behoren productietesten en reparatie bij lokale servicepunten.

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

Specificaties

De E8408A beschikt over faciliteiten als toestandbewaking, een stil en effectief koelsysteem en verbeterde prestaties van de moederkaart. Toestandindicatoren op het frontpaneel tonen in een oogopslag of de uitgangsspanningen van de voeding binnen de VXI-specificaties liggen, of de temperatuur niet de toegestane waarde overschrijdt en of de ventilator operationeel is. De ventilator heeft twee snelheden en zorgt voor een uitstekende koeling die toereikend is voor zowel de voeding als voor alle VXI-eenheden, inclusief modulen die hoge prestaties of een groot uitgangsvermogen leveren. Door een zorgvuldig ontwerp loopt de luchtstroom zodanig dat hij efficiënt koelt en een minimale hoeveelheid geluid produceert.

Om de systeemintegratie te vergemakkelijken, is HP E8408A compatibel met drie grootschakelige interconnectiesystemen. Dit zijn de nieuwe L2000-series van MacPanel, het recent uitgebrachte 9018 Interface System van Virginia Panel en de TTI Testron's VG-serie.

Snel aan de slag

De E8758A bundelt alle essentiële onderdelen voor het realiseren van een VXI-gebaseerd testsysteem. Daarbij kan voor de systeembesturing worden gekozen uit de besturingsmodule E1406A of de E8491A IEEE 1394-interface.

Klanten die tegelijk met de HP E8408A specifieke HP VXI-modulen bestellen, krijgen een kant-en-klare configuratie geleverd. De systeemintegratie omvat de installatie van de kaarten - daarvoor komen de meeste VXI-modulen van HP in aanmerking - en het instellen van de adresschakelaars. Als ook de besturingsmodule E1406A deel uitmaakt van de bestelling, dan worden hier tijdens de installatie tevens de SCPI-drivers ingeprogrammeerd en wordt met het systeem proefgedraaid om te controleren of hij in alle operationele modi correct werkt.

Documentatie

De bij de HP E8758A behorende documentatie ondersteunt de gebruikers bij het afronden van de systeemintegratie. Hierin behandelde onderwerpen zijn onder meer het installeren van toepassings- en I/O-programmatuur, de integratie van VXI- en IEEE 488-instrumentatie, communicatie tussen instrumenten en fixturing.

Koppeling met PC's

Bij de E8491A is de VXI-besturingsmodule (slot 0) een C-formaat IEEE 1394-interface. Deze koppelt via een snelle seriële verbinding (FireWire) een besturende PC met het VXI-systeem. De set omvat tevens bijbehorende I/O-routinebibliotheken en als optie een PCI-kaart om de computer te voorzien van een IEEE 1394-kanaal. Ook kan de communicatie met een PC via HPIB lopen. De 82350A is een snelle IEEE 488-module voor de PCI-bus die beschikt over eigen buffers en die een doorvoersnelheid tot 750 kbyte/s haalt. Hij werkt samen met de besturingsmodule E1406A en kan verder communiceren met alle HPIB-instrumenten in het testsysteem.

Grafisch programma's ontwikkelen

HP VEE 5.0 werd in mei 1999 geïntroduceerd. Het is een grafische programmeertaal voor testspecialisten. De taal wordt gebruikt voor het bouwen van testprogramma's ten behoeve van productie, ontwerpkarakterisering en data acquisitie. Daarbij is het mogelijk om ActiveX Controls in de HP VEE-applicatie op te ne-

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

men. Ook kunnen vanuit de programmeertaal ActiveX Automation-toepassingen worden aangestuurd. Via de ingebouwde Internet-ondersteuning kunnen programmeurs meetsystemen implementeren die via het World Wide Web op afstand toegankelijk zijn.

De MXI-bus voor VXI

Inleiding

De MXI-bus, Multisystem eXtension Interface, is een krachtige communicatieschakel die apparaten onderling met elkaar verbindt via ronde, flexibele kabels. MXI werkt op dezelfde manier als moderne backplane computerbussen, maar vormt een bekabelde communicatieverbinding voor zeer snelle communicatie tussen apparaten die zich op afstand van elkaar bevinden. National Instruments ontwikkelde de MXI-bus specificatie in een periode van twee jaar en kondigde deze in april 1989 aan als open industriestandaard. Vanaf 1991 ondersteunt ook Hewlett-Packard de MXI-bus.

De behoefte aan de MXI-bus

Moderne PC's en werkstations hebben een enorme ontwikkeling doorgemaakt. Tegenwoordig zijn ze voorzien van een uitgekiende I/O-architectuur waarmee gegevens met snelheden boven de 10 Mbyte/s kunnen worden getransporteerd.
Tegelijkertijd zijn de moderne randapparaten, zoals kleurenscanners en printers, naast instrumenten zoals digitisers, logica-analysatoren en digitale test-subsystemen in staat om met steeds hogere gegevenssnelheden grote hoeveelheden gegevens te genereren.
Voor de applicaties die gebruik maken van deze data-intensieve randapparaten is de MXI-bus ontwikkeld. Het zal duidelijk zijn dat de I/O-mogelijkheden van moderne PC's en werkstations de intensieve gegevensstromen van instrumentatieapplicaties kunnen verwerken. Voordat dat MXI werd ontwikkeld, bestond er helaas geen standaard communicatieverbinding voor de onderlinge koppeling van apparaten zodat deze op volle snelheid konden draaien via deze verbinding. De wereldwijde GPIB-standaard, die in het midden van de jaren 60 werd ontwikkeld, is inmiddels ruim 25 jaar oud en relatief langzaam. Een aantal recent op de markt gekomen netwerken biedt weliswaar hogere doorvoersnelheden dan de GPIB, maar ze zijn niet geschikt voor real-time, gegevensintensieve applicaties omdat de omvangrijke protocol-overhead ervan is afgestemd op het efficiënt verzenden van kleine berichtenpakketten.
Een geheugen-geadresseerd (memory-mapped) communicatiesysteem dat tussen systemen de I/O-transacties op busniveau transparant afhandelt zou een ideale oplossing zijn. In dat geval wordt de software protocol-overhead geheel overbodig, is er sprake van rechtstreekse besturing en van een gedeeld geheugen tussen apparaten (share memory) en kunnen de gegevenssnelheden van krachtige computers en bijbehorende randapparatuur optimaal worden benut. De MXI-bus is zo'n communicatiesysteem.

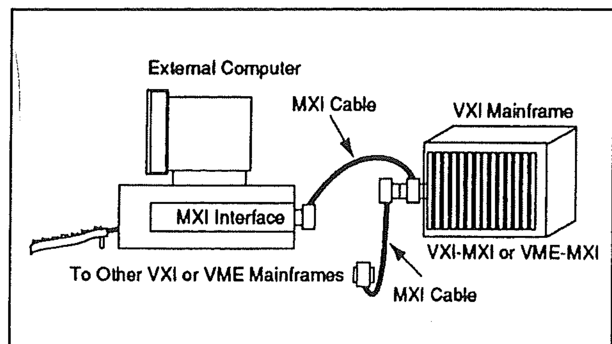
VXI-koppeling

Veel gebruikers gaan van de op GPIB-gebaseerde systemen over op VXI. Het komt echter steeds vaker voor dat VXI wordt bestuurd door een VXI-computer die rechtstreeks op het VXI-mainframe wordt aangesloten, zoals de VXIpc en

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

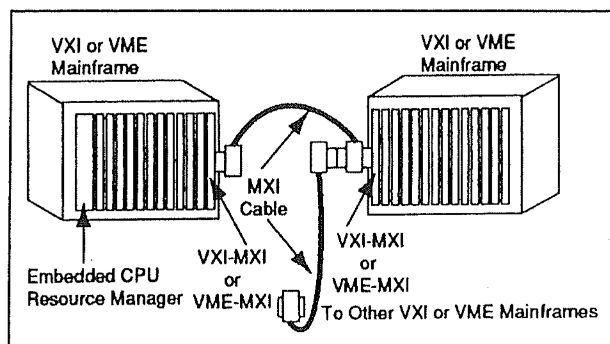
VXIcpu series ingesloten (embedded) VXI computers van National Instruments. Deze ingesloten benadering is technisch aantrekkelijk omdat de computer rechtstreeks communiceert met de VXI-bus en nauw is verbonden met de instrumenten. Een ingesloten computer is zeer krachtig maar de markt voor VXI-computers kan onmogelijk gelijke tred houden met de markt voor computers voor algemene doeleinden. In de afgelopen tien jaar is het aantal besturingseenheden voor gespecialiseerde instrumenten fors afgenomen. PC's en werkstations voor algemene toepassingen, met hun assortiment aan software en accessoires, betekenden een revolutionaire ontwikkeling voor de industrie. Door gebruik te maken van computers voor algemene toepassingen kan de instrumentatie-industrie rechtstreeks profiteren van de miljarden die elk jaar worden uitgegeven aan R&D voor algemeen inzetbare computers.
De meeste VXI gebruikers geven er de voorkeur aan om een gangbare PC te gebruiken in plaats van een VXI-specifieke computer. Wil VXI daadwerkelijk een universeel platform worden, dan moet VXI in feite worden aangepast aan de omvangrijke markt voor algemeen inzetbare computers.
VXI moet dan in staat zijn om volledig gebruik te maken van industrie-standaard PC's zoals de PC/AT, PS/2, Macintosh en EISA en Pentium computers, naast werkstations van Sun, DEC, IBM, HP en anderen. VXI dient tevens te beschikken over een transparant mechanisme met het oog op uitbreiding naar veelsoortige mainframes en een methode bieden om instrumenten aan te passen die fysisch niet op een VXI-module kunnen worden gemonteerd. De MXI-bus houdt rekening met al deze wensen.

Voorbeelden
Zoals in figuur 6/10.15-10 is getekend volstaat het in een standaard PC een MXI-interface kaart aan te brengen en deze kaart via een MXI-kabel met het VXI-mainframe te verbinden.



Figuur 6/10.15-10: Rechtstreekse besturing van een VXI-mainframe uit een PC.

In figuur 6/10.15-11 is getekend hoe twee VXI-mainframes met een MXI-kabel worden gekoppeld. Beide mainframes moeten dan wél een VXI/MXI-adapter kaart aan boord hebben. De kabel kan worden doorgelust naar andere mainframes.

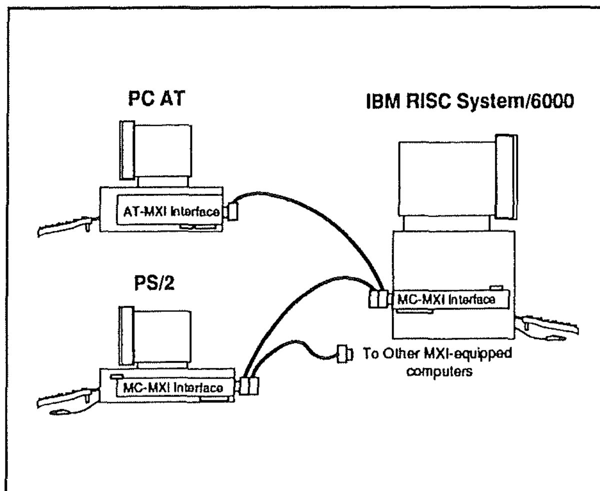


Figuur 6/10.15-11: Het koppelen van diverse VXI-mainframes door middel van een MXI-kabel en adapters.

In figuur 6/10.15-12 is getekend hoe Via MXI een mainframe kan worden opgeno-

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

men in neen netwerk van verschillende PC's.



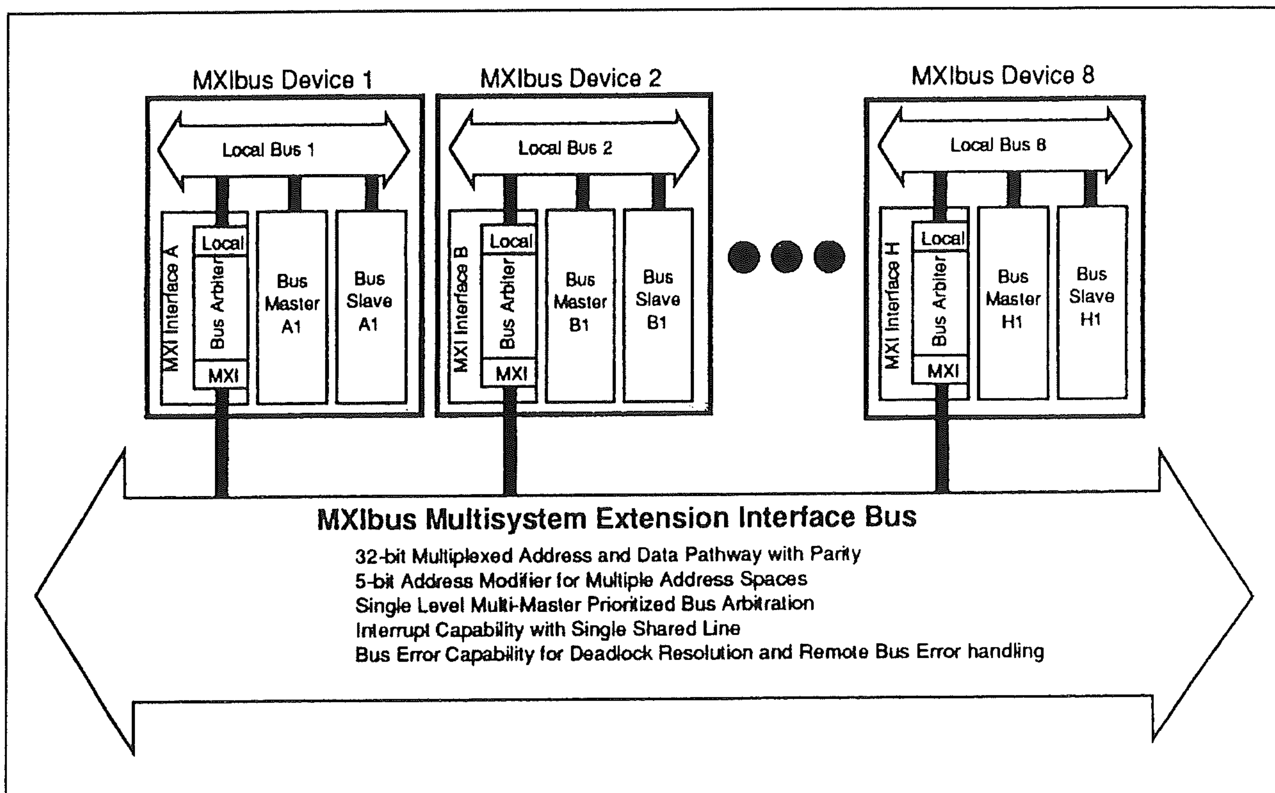
Figuur 6/10.15-12: Het aankoppelen van een VXI-mainframe aan een PC-netwerk.

MXI-bus specificaties
Een computer, instrument of ander apparaat met een MXI-bus interface wordt een MXI-apparaat genoemd. In wezen zijn MXI-apparaten systemen of instrumenten die zijn voorzien van een MXI-interface-kaart. De meeste MXI-apparaten hebben een eigen interne systeembus voor interne communicatie. De MXI-kaart vormt de interface tussen deze interne bus en de MXI-bus.
De MXI-produkten zijn in eerste instantie ontwikkeld voor VXI-applicaties. Dankzij MXI kunnen externe computers rechtstreeks de VXI-bus besturen, als waren ze ingesloten in het VXI-mainframe. Er zijn uitgebreide MXI-VXI businterface software hulpmiddelen aanwezig voor het programmeren van de VXI. Daarnaast opent de VXI-MXI voor allerlei soorten mainframes de weg naar VXI en de VME-MXI. VMEbus maakt integratie van het VME-chassis in VXI-systemen zonder meer mogelijk.

Een open standaard
Omdat MXI een open industriële standaard is, gedocumenteerd via een uitgebreide specificatie, kunnen MXI-interfaces ook voor eigen apparaten worden ontworpen. Op deze manier kunnen eigen randapparaten of instrumenten via MXI worden gekoppeld aan industriestandaard computers of aan een VXI- of VME-systeem. Diverse fabrikanten hebben de MXI-specificatie met succes toegepast om zelf MXI-interfaces te ontwerpen. National Instruments distribueert de MXI-specificatie en is gebrand op een formele MXI-standaardisatie. Hewlett-Packard heeft zich in 1991 publiekelijk voorstander verklaard van het MXI-systeem.

Werking van de MXI-bus
De MXI-bus is een 32 bit multi-meester systeembus voor algemene toepassingen in de vorm van een kabel. MXI koppelt meerdere apparaten door middel van flexibele, ronde kabels aan elkaar, maar gebruikt een hardware geheugen-geadresseerd (memory-mapped) communicatieschema zonder software overhead. MXI komt in grote lijnen overeen met de VME-bus en kan worden omschreven als een "backplane bus in een kabel". Op één MXI kabellengte kunnen maximaal acht MXI-apparaten worden doorgelust. De MXI-bus koppelt meerdere apparaten door gedeeltes van hun individuele adresruimte als het ware aan elkaar te plakken. Met andere woorden: MXI-apparaten zijn met elkaar op hardware-niveau verbonden en functioneren alsof ze een op zichzelf staand systeem zijn met een gedeelde adresruimte.

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard



Figuur 6/10.15-13: Hardware van de MXI-bus met communicatie via geheugen-mapping.

De MXI-kabel zelf is transparant. MXI-apparaten hebben rechtstreeks toegang tot elkaars hulpbronnen door eenvoudige lees- en schrijfopdrachten naar de betreffende adreslocaties uit te voeren, waardoor er geen software protocol vereist is.

Hardware communicatie via geheugenadressering

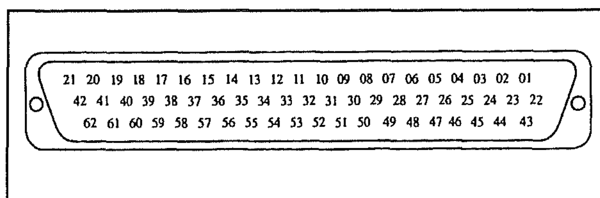
In figuur 6/10.15-13 is de hardware communicatie via geheugenadressering (memory mapping) over de MXI-bus weergegeven. Elke MXI-bus hardware-interface heeft een "adresvenster" schakeling die interne buscycli detecteert, waarvan het adres wordt geprojecteerd op de MXI-bus. Evenzo spoort de schakeling externe MXI-bus cycli op, waarvan het adres wordt geprojecteerd in het systeem. Wanneer een hardware schrijf- of leesopdracht plaatsvindt met een adres dat deel uitmaakt van MXI, dan koppelt de MXI-hardware de buscyclus tussen de apparaten over de MXI-bus.
Het betreft hier hetzelfde hardware schema dat wordt gebruikt bij ingesloten VXI-computers om toegang tot VXI te verkrijgen.

De MXI-signalen

De MXI-connector is een robuuste subminiatuur D-connector met 62 pennen, zie figuur 6/10.15-14. Zoals de tabel van figuur 6/10.15-15 aangeeft, bevatten de MXI-signalen 32 gemultiplexte adres- en datalijnen met pariteit, adresaanpassing (modifiers) voor meerdere adresruimten, enkelniveau multimeester busarbitrage met prioriteitstoekenning, een enkelvoudige interruptlijn, een busfoutlijn voor

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

het detecteren van tijdsoverschrijdingen en "deadlock"-condities, naast handshake lijnen voor asynchrone verwerking.



Figuur 6/10.15-14: De connector van de MXI-bus.

Gegevensoverdracht is mogelijk met 8, 16 en 32 bit, naast ondeelbare lees/schrijf bewerkingen en geïntegreerde blokmodus overdracht. De maximale snelheid van de gegevensoverdracht via de MXI-bus bedraagt in theorie 20 Mbyte/s.

De MXI-kabel

Een MXI-kabel mag een lengte hebben van maximaal 20 m. Ten hoogste acht MXI-apparaten mogen worden doorgelust op één MXI-kabellengte.

De MXI-kabel is, net als de GPIB-kabel, een flexibele ronde kabel met een diameter van ongeveer 0,6 inch. De kabel bevat 48 enkelvoudige, in elkaar gedraaide signaallijnen. Dubbele afscherming in de vorm van aluminium mylar afschermfolie en een gevlochten koperen afscherming voorkomen mogelijke EMC-problemen. De kabel voldoet aan de NEC CL2 norm voor brandveiligheid. De stapelhoogte van twee doorgeluste MXI-kabels bedraagt ongeveer 3,3 inch.

MXI is in wezen een backplane-bus in een kabel. Elke MXI-signaallijn is met de bijbehorende retourlijn (aarde) in elkaar gedraaid, een zogenaamd "twisted pair". Alle MXI-signaallijnen hebben dezelfde impedantie teneinde signaalverschuivingen en reflecties tot een minimum te beperken. Afgetakte lijnen van maximaal 4 inch vanaf de doorgeluste hoofdlijn beperken mogelijke reflecties ten gevolge van impedantie-afwijkingen. Op het eerste en het laatste MXI-apparaat bevinden zich afsluitnetwerken die met behulp van doorverbindingen op de kaart kunnen worden ingesteld om reflecties aan de uiteinden van de kabels tegen te gaan.

Bustransceivers

MXI maakt gebruik van moderne bustransceivers om overspraakruis in het transmissiesysteem te verminderen. Deze transceivers zijn speciaal ontworpen voor het aansturen van backplane bussignalen en hebben een open-collector stuurtrap die een nauwkeurige trapeziumvormige golfvorm opwekt met een nominale stijg- en daaltijd van 9 ns. Dankzij de constante stijg- en daaltijden reduceert de trapeziumvorm ruiskoppeling (overspraak) op aangrenzende lijnen. De ontvanger gebruikt een laagdoorlaatfilter om ruis te verwijderen en een snelle spanningsvergelijker (comparator) die het trapeziumvormige signaal onderscheidt van de ruis.

MXI-bus prestaties

Het is vaak moeilijk om er achter te komen hoe de prestaties van een enkele component zich verhouden tot de prestaties van het systeem als geheel. Voor MXI geldt dat het belangrijk is om niet alleen de verrichtingen te begrijpen die verband houden met de MXI-verbinding, maar ook de apparaten die via deze verbinding communiceren. MXI werkt als een ingesloten computer die gebruik maakt van directe hardware geheugenadressering (memory-mapping) om software overhead tussen de computer en de VXI-bus of VME-bus te elimineren.

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

Categorie	Omschrijving	Signaalnaam	Lijnen	Pennummers
Adres/data	Address/data	AD31-AD00	32	6 tot en met 37
	Address Modifier	AM4-AM0	5	1 tot en met 5
	Address Strobe	AS	1	39
	Transfer Size	SIZE	1	44
	Read/Write	WR	1	40
	Data Strobe	DS	1	38
	Data Acknowledge	DTACK	1	41
	Parity (pariteit)	PAR	1	43
Arbitrage	Bus Busy	BUSY	1	46
	Bus Request	BREQ	1	45
	Daisy-Chain Grant In	GIN	1	60
	Daisy-Chain Grant Out	GOUT	1	59
Interrupt	Interrupt Request	IRQ	1	61
Hulpsignaal	Bus Error	BERR	1	42
Voeding	Ground	GND	12	47 tot en met 58
	Terminator Power	TERMPWR	1	62

Figuur 6/10.15-15: De onderverdeling van de MXI-signalen in logische groepen.

Zowel MXI als ingesloten VXI-computers kunnen gebruik maken van gedeeldgeheugen (shared memory) communicatieprotocollen en rechtstreekse registertoegang, hetgeen kan resulteren in aanzienlijke prestatieverbeteringen ten opzichte van GPIB. Wanneer de VXI-instrumenten zelf echter geen gebruik maken van deze mogelijkheden dan zullen de prestaties van het systeem als geheel bij gebruik van MXI of van een ingesloten computer waarschijnlijk ook niet beter zijn dan bij een GPIB-bestuurd VXI-systeem.

Er zijn diverse factoren waarmee rekening moet worden gehouden als een met MXI uitgeruste computer wordt vergeleken met een ingesloten computer. Een van MXI voorziene computer is qua functies gelijkwaardig aan een ingesloten computer. In feite kan applicatiesoftware, ontwikkeld op een MXI-computer die gebruik maakt van de NI-VXI bus interfacesoftware, gemakkelijk draaien op een ingesloten computer en omgekeerd. Er zijn subtiele hardware timingverschillen, maar vanwege de architectuur bestaat er geen groot onderscheid in prestaties. Zo heeft MXI bijvoorbeeld ongeveer 100 ns langer nodig om een VXI lees- of schrijfopdracht uit te voeren dan een ingesloten computer omdat de MXI-signalen zich via de MXI-kabel moeten verplaatsen met een vertraging van 10 ns/m. Dit subtiele verschil wordt gemeten in ns en is te verwaarlozen in vergelijking met andere factoren die de prestaties van het systeem beïnvloeden, zoals de uitvoeringssnelheid van de applicatiesoftware of de gebruikte instrumenten.

De belangrijkste factor, waarmee rekening moet worden gehouden bij het beoordelen van een computer voor een bepaald systeem, is de verwerkingskracht van de processor. De meeste applicaties besteden veel meer tijd aan berekeningen, afbeeldingen op het scherm of het uitvoeren van disk I/O dan aan het daad-

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

werkelijk uitvoeren van I/O via de VXI-bus of de VME-bus. Moderne externe MXI-computers zijn ruim viermaal zo snel als de snelste ingesloten VXI-computers. Omdat de inbouwruimte voor ingesloten computers beperkt is, bieden externe computers vaak een veel betere architectuur met snellere processoren, cache RAM, snellere schijfgeheugens enzovoort. De bruto verwerkingskracht kan echter het belangrijkste criterium zijn voor de prestaties van het systeem.

Snelheid van de gegevensoverdracht

Een gangbaar vergelijkingscriterium (benchmark) bij VXI-computers is de blokoverdrachtsnelheid (Block Data Rate). Deze blokoverdrachtsnelheid kan er door leveranciers gemakkelijk worden "uitgepikt" om onder ideale omstandigheden te meten. Het is belangrijk om te begrijpen wat de blokoverdrachtsnelheid betekent voor de applicatie.

De blokoverdrachtsnelheid is de snelheid waarmee een groot gegevensblok kan worden verplaatst naar en uit het geheugen van een ideaal VXI-apparaat, waarbij gebruik wordt gemaakt van "back-to-back" VXI-overdracht. Er wordt niet gemeten hoe snel de computer de gegevensblokken kan verwerken of op schijf kan opslaan wanneer ze eenmaal zijn verplaatst en ook niet of de instrumenten zelf die gegevenssnelheid daadwerkelijk kunnen bijhouden.

Voor de snelheid van de meeste applicaties is niet de blokoverdrachtsnelheid van de VXI-interfacehardware van doorslaggevende betekenis, maar veel meer de totale tijd die nodig is voor zowel het verplaatsen als verwerken van de gegevens, of de snelheid waarmee de instrumenten zelf de gegevens kunnen genereren respectievelijk accepteren.

De blokoverdrachtssnelheid kan eenvoudig door de leverancier worden gespecificeerd, maar het is voor de gebruiker vaak moeilijk om deze snelheid af te zetten tegen de systeemprestaties in hun totaliteit. Het is namelijk slechts één van de vele parameters die de werkelijke doorvoersnelheid van een systeem beïnvloeden. Zo geeft de blokoverdrachtsnelheid geen uitsluitsel over de verwerkingskracht van de computer of de prestaties van de afzonderlijke instrumenten. Daarnaast zegt een vergelijkingscriterium met betrekking tot de blokoverdrachtsnelheid nog niets over de snelheid waarmee instrumenten kunnen worden bestuurd via het VXI "Word Serial Protocol" of willekeurige VXI lees- en schrijfopdrachten. De snelheid van de communicatie en willekeurige VXI lees- en schrijfopdrachten is afhankelijk van de snelheid van de processor en de specifieke VXI-instrumenten.

Gegevenssnelheden

De theoretische maximum blokoverdrachtsnelheid voor MXI bedraagt 20 Mbyte/s. Deze waarde is gebaseerd op een zeer korte MXI-kabel, MXI blokmodus gegevensoverdracht en een ideaal werkend VXI-apparaat. Zoals bij elke bus zijn de prestaties van een specifieke MXI-interface afhankelijk van de daadwerkelijke implementatie van het ontwerp dat voor deze interface geldt.

De VXI-MXI en VME-MXI uitbreidingen zijn bijvoorbeeld in staat om 8 Mbyte/s te verwerken, terwijl dat voor de VXI-MC2000 6 Mbyte/s is. Deze waarden gelden bij gebruik van een MXI-kabel van 1 m, blok-modus MXI-overdracht, een ideaal werkend VXI/VME-apparaat en een busmeester die de overdracht start.

De lees/schrijf toegangstijd van de eigen VXI- of VME-apparaten en de lengte van

de MXI-kabel is van invloed op de feitelijke blokoverdrachtsnelheid die kan worden bereikt.

Lokale prestaties
De MXI-bus doet geen afbreuk aan de prestaties van de apparaten die hierop zijn aangesloten. Elk MXI-apparaat kan intern op volle snelheid werken, parallel met andere MXI-apparaten. Omdat de MXI-bus een echte systeembus is met multimeester arbitrage, hoeven de MXI-apparaten alleen te worden gesynchroniseerd wanneer ze transacties uitvoeren waarbij geheugenadressering via de MXI-bus plaatsvindt. Wanneer een MXI-apparaat een lees-of schrijfopdracht uitvoert met geheugenadressering van een zich op afstand bevindend MXI-apparaat, dan zal de hardware op beide apparaten de buscyclus via de MXI-bus koppelen om de overdracht tot stand te brengen.

SCPI

Inleiding
De laatste tientallen jaren zijn er verschillende internationale ATE-standaarden gepubliceerd, zoals GPIB (IEEE 488.2, IEC 625-1), VXI, RS 232 en IEEE 488.2. Helaas hadden programmeurs van automatische test- en meetsystemen te maken met uiteenlopende besturingsconcepten. Voor de programmering van gelijksoortige functies bood iedere producent een eigen commandoset. Hierdoor ontstond voor de aansturing van overeenkomstige instrumentfuncties een verscheidenheid aan producentafhankelijke commando's. Ook het omgekeerde vond plaats: gelijkluidende commando's werden gebruikt voor uiteenlopende functies.

Door al deze verschillen dienden gebruikers over een uitgebreide kennis te beschikken van verschillende programmeerconcepten. Niet alleen van de commando's zélf, welke voor ieder instrument afzonderlijk weer anders waren, maar ook van hun uiteenlopende betekenis. Het zal duidelijk zijn dat het programmeren van een meetsysteem daardoor een moeizame en tijdrovende bezigheid was.

Standaard Commando's voor Programmeerbare Instrumenten
In 1990 besloten de belangrijkste producenten van test- en meetapparatuur tot een gemeenschappelijke taal voor de besturingen van programmeerbare instrumenten. Deze taal werd SCPI genoemd, de afkorting van "Standard Commands for Programmable Instruments". Het voornaamste doel was de tijd te verkorten die nodig was voor de ontwikkeling van besturingsprogramma's voor automatische meetsystemen. Dit werd bereikt door het bieden van een consistente programmeeromgeving voor instrumentbesturing en datagebruik.

Eindgebruikers
De essentie van consistent programmeren is het reduceren van het aantal uiteenlopende mogelijkheden om overeenkomstige instrumentfuncties te programmeren. De kern van SCPI is de programmeertaal. Deze bestaat uit een in secties verdeelde lijst van commando's met de bijbehorende reactie van het instrument. De betekenis wordt zoveel mogelijk door de naamgeving van de commando's verklaard. De SCPI-taal is daarom gemakkelijk te leren voor zowel beginnende als ervaren gebruikers van programmeerbare instrumentatie. Gebruikers zullen ervaren dat de tijd die benodigd is voor de ontwikkeling en

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

het onderhoud van hun testprogrammatuur aanzienlijk korter zal zijn. SCPI is zodanig ontworpen dat de commando's uitgebreid kunnen worden zonder dat dit problemen oplevert voor reeds bestaande testprogrammatuur. Hiermee is door SCPI een belangrijke stap gezet in de richting van "overdraagbaarheid" (portability) van testsoftware. Deze eigenschap vergemakkelijkt bovendien de uitwisseling en vervanging van bestaande instrumenten door toekomstige, meer geavanceerdere apparatuur.

Producenten
Producenten van test- en meetapparatuur zullen profiteren van verbeteringen gedurende het gehele ontwikkelproces. De vaak moeizame definitiefase wordt aanzienlijk vereenvoudigd, terwijl de efficiëntie tijdens de implementatiefase zal toenemen.

Uitbreidbaarheid
Een belangrijke eigenschap van SCPI is dat commando's aan de instrumentbesturing kunnen worden toegevoegd zonder dat daarmee de compatibiliteit met reeds bestaande commando's in gevaar komt.
Producenten van SCPI-compatibele apparatuur behoeven zich daarbij niet te beperken tot de commando's die thans door SCPI gestandaardiseerd zijn. Zo'n beperking zou onaanvaardbaar zijn; immers de voortschrijdende techniek vraagt om een continue ontwikkeling van nieuwe meetfuncties.
Daarom is er een nagenoeg permanent streven om nieuwe commando's aan de standaard toe te voegen. Bovendien kunnen, onder zekere voorwaarden, specifieke functies aan instrumenten worden toegevoegd zonder dat de daarvoor benodigde programmeercommando's in de standaard worden opgenomen. Het toevoegen van nieuwe functionaliteit beïnvloedt of wijzigt reeds bestaande programmeerconcepten niet. SCPI maakt het daardoor mogelijk standaard softwarefuncties in verschillende apparaatcategorieën te gebruiken. Tevens wordt voorkomen dat oplossingen die vandaag worden gekozen, toekomstige uitbreiding van instrumentfunctionaliteit in de weg staan en belemmeren.

Organisatie
De verantwoordelijkheid voor de standaard ligt bij het "SCPI Consortium", dat daartoe in 1990 is opgericht door een aantal toonaangevende producenten van test- en meetapparatuur, zoals Bruel & Kjaer, Fluke, Hewlett-Packard, Keithley, National Instruments, Racal Dana, Rohde & Schwarz, Tektronix, Philips en Wavetek.
Het Consortium vormt een organisatie voor het beheer, de uitbreiding en het onderhoud van de SCPI-standaard.
Sinds de oprichting van het consortium is de standaard aanzienlijk uitgebreid. Het gehalte en de betekenis van SCPI is daardoor belangrijk toegenomen. De ervaring en kennis die binnen de deelnemende bedrijven aanwezig is heeft in belangrijke mate daartoe bijgedragen.
Mede hierdoor beschikt SCPI over brede toepassingsmogelijkheden in uiteenlopende gebieden van industriële besturing.

Toepassing in uiteenlopende industriële gebieden
Tot nu toe is SCPI geïmplementeerd in een verscheidenheid van GPIB- en VXI-apparatuur. Ook de wereld buiten ATE heeft het potentiële belang van SCPI ontdekt.

10.15 De "VXI/VME"-instrumentatiestandaard

Bedrijven op het gebied van test- en meetapparatuur voor militaire toepassingen, voor telecommunicatie, chemische analyse, medische systemen, alsmede de automobielindustrie zijn reeds begonnen, of overwegen toepassing van SCPI voor de besturing van hun instrumenten.

Vrij toepasbaar
De SCPI-standaard is publiekelijk beschikbaar voor iedere geïnteresseerde en mag door iedere producent vrij worden toegepast zonder dat daarvoor licenties betaald moeten worden. Ook het lidmaatschap van het Consortium is daartoe geen vereiste.

6/10.16
De Unicode standaard

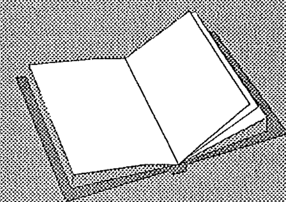
Inleiding

Letters, de basis van communicatie
Ondanks het geweld van het beeld dat de wereld communicatief overspoelt, vormen geschreven letters nog steeds dé basis van zeker 90 % van de communicatie. Ook in de moderne elektronische communicatie kan men niet zonder letters. Wat zouden tekstverwerkers, DTP-programma's e-mail en het Internet voor bestaansrecht hebben als men er niet in geslaagd was letters op de een of andere manier elektronisch te coderen?

Niet zo gemakkelijk als het lijkt
Toch is het elektronisch coderen van letters niet zo gemakkelijk. Immers, digitale elektronica kent alleen de symbolen "L" en "H" en computers werken met cijfers en niet met letters. Dus moest men systemen verzinnen die letters koppelen aan cijfers of getallen. Als iemand op de wereld de letter T van zijn of haar toetsenbord indrukt, verzendt dat toetsenbord een cijfercode naar de processor. Als die processor de grafische kaart aanstuurt gebeurt dit ook onder de vorm van cijfers. Hoe komt dan de letter T op het scherm? Aan de basis hiervan zitten zogenoemde "code-pages". Dat zijn tabellen die het verband vastleggen tussen de genoemde cijfercodes en alle tekens van een alfabet. In de grafische kaart is een ROM aanwezig die bij ontvangst van de cijfercode voor de letter T uit de toegepaste code-page een bitpatroon genereert waardoor de letter op het beeldscherm wordt vormgegeven. Hetzelfde gebeurt bij het aansturen van een printer.

Problemen met code-pages
Een veel voorkomend probleem is dat speciale tekens uit vreemde talen, zoals æ, ¿, ñ en ß, niet goed overkomen bij het verzenden van een tekst van één elektronisch systeem naar een ander of zelfs bij het inlezen van een tekst in een andere tekstverwerker.
Dat probleem ontstaat doordat er diverse code-pages in gebruik zijn. De meeste moderne code-pages hebben ruimte voor maximaal 256 karakters, overeen komend met de cijfercodes 000 tot en met 255.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/19.7



10.16 De Unicode standaard

				b_7	0	0	0	0	1	1	1	1
				b_6	0	0	1	1	0	0	1	1
				b_5	0	1	0	1	0	1	0	1
b_7 b_6 b_5	b_4	b_3	b_2	b_1		0	1	2	3	4	5	6	7
	0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
	0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
	0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
	0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
	0	1	0	0	4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
	0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
	0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
	0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
	1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
	1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
	1	0	1	0	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
	1	0	1	1	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
	1	1	0	0	C	FF	FS	,	<	L	\	l	|
	1	1	0	1	D	CR	GS	–	=	M	]	m	}
	1	1	1	0	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
	1	1	1	1	F	SI	US	/	?	O	—	o	DEL

Figuur 6/10.16-1: Samenstelling van de 7 bit brede ASCII code-page.

Als men er echter rekening mee houdt dat er ook nog tientallen cijfercodes noodzakelijk zijn voor besturingscodes, zoals regelterugloop, dan kan een code-page maximaal iets van 220 karakters bevatten. Als twee systemen niet met dezelfde code-page werken, of als twee tekstverwerkers een andere code-page gebruiken, dan zullen bepaalde karakters niet goed overkomen.

Code-pages

7 bit ASCII

Toen het elektronisch versturen van letters aan de orde was, lang geleden bij de introductie van de telegraaf, heeft men besloten tot een bepaalde vorm van standaardisatie.

Dat was de 7 bit brede ASCII-code, afkorting van "American Standard Code of Information Interchange". Omdat deze code uit slechts zeven bit bestaat, kunnen er maximaal 128 karakters gedefinieerd worden.

Zoals uit figuur 6/10.16-1 blijkt, worden er 33 codes gebruikt voor het definiëren van besturingscodes, zoals:

- BS: back space;
- DEL: delete;
- LF: line feed.

Er is dus alleen ruimte voor de 26 kleine en grote letters van het alfabet, de cijfers en een handjevol leestekens. Deze tabel voldoet uitstekend voor de Engelse taal, deze kent immers geen letters met accenten. Om de tabel bruikbaar te maken voor andere talen, heeft men tien codes (gearceerd weergegeven) niet star gedefinieerd.

10.16 De Unicode standaard

code	Nederland Engeland	Canada USA	Duits-land	Frank-rijk	Spanje	Italië	Denem. Noorw.	Finl. Zweden	Zwitser-land
23	£	#	#	£	£	£	£	#	#
40	@	@	§	à	@	§	@	É	§
5B	[	[	Ä	°	[	°	Æ	Ä	à
5C	\	\	Ö	Ç	Ñ	ç	Ø	Ö	è
5D	]	]	Ü	§	]	é	Å	Å	é
60	`	`	`	`	`	ù	`	é	ù
7B	{	}	ä	é	{	à	æ	ä	ä
7C	|	|	ö	ù	ñ	ò	ø	ö	ö
7D	}	}	ü	è	}	è	å	å	ü
7E	~	~	ß	¨	~	ì	~	~	ç

Figuur 6/10.16-2: Negen plaatselijke invullingen van de tien niet star gedefinieerde cijfercodes.

Deze kunnen in andere talen ingevuld worden door plaatselijk veel gebruikte karakters. In figuur 6/10.16-2 zijn als voorbeeld enkele landelijke implementaties gegeven voor deze tien vrij te interpreteren codes.
Het zijn dergelijke plaatselijke code-pages die zowel in Windows als in MS-DOS ingesteld kunnen worden.

8 bit ASCII
Als gevolg van de mondialisering ontstond behoefte aan een systeem dat in één code-page alle karakters uit alle grote wereldtalen kon bevatten. Dat werd de "Extended ASCII" of 8 bit ASCII. Omdat IBM deze code-page heeft ingevoerd in de PC werd deze code ook wel eens de IBM-code genoemd. Met 8 bit kan men 256 getallen voorstellen, zodat er na aftrek van besturingscodes meer dan voldoende ruimte overblijft. Het is deze "Extended ASCII" die in MS-DOS werd toegepast en de basis werd van een tekstverwerker als WordPerfect. In figuur 6/10.16-3 is de volledige 8 bit ASCII tabel samengevat.

ISO 8859-1
Een andere bekende gestandaardiseerde code-tabel heet officieel ISO 8859-1, maar gaat door het leven onder de populaire benaming "Latin-1". Deze karakterset is wereldbekend geworden dank zij het Internet.

10.16 De Unicode standaard

0	00		32	20		64	40	@	96	60	`	128	80	Ç	160	A0	á	192	C0	└	224	E0	α
1	01	☺	33	21	!	65	41	A	97	61	a	129	81	ü	161	A1	í	193	C1	┴	225	E1	ß
2	02	☻	34	22	"	66	42	B	98	62	b	130	82	é	162	A2	ó	194	C2	┬	226	E2	Γ
3	03	♥	35	23	#	67	43	C	99	63	c	131	83	â	163	A3	ú	195	C3	├	227	E3	π
4	04	♦	36	24	$	68	44	D	100	64	d	132	84	ä	164	A4	ñ	196	C4	─	228	E4	Σ
5	05	♣	37	25	%	69	45	E	101	65	e	133	85	à	165	A5	Ñ	197	C5	┼	229	E5	σ
6	06	♠	38	26	&	70	46	F	102	66	f	134	86	å	166	A6	ª	198	C6	╞	230	E6	µ
7	07	•	39	27	'	71	47	G	103	67	g	135	87	ç	167	A7	º	199	C7	╟	232	E7	τ
8	08	◘	40	28	(	72	48	H	104	68	h	136	88	ê	168	A8	¿	200	C8	╚	232	E8	Φ
9	09	○	41	29	)	73	49	I	105	69	i	137	89	ë	169	A9	⌐	201	C9	╔	233	E9	Θ
10	0A	◙	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j	138	8A	è	170	AA	¬	202	CA	╩	234	EA	Ω
11	0B	♂	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k	139	8B	ï	171	AB	½	203	CB	╦	235	EB	δ
12	0C	♀	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l	140	8C	î	172	AC	¼	204	CC	╠	236	EC	∞
13	0D	♪	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m	141	8D	ì	173	AD	¡	205	CD	═	237	ED	φ
14	0E	♫	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n	142	8E	Ä	174	AE	«	206	CE	╬	238	EE	ε
15	0F	☼	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o	143	8F	Å	175	AF	»	207	CF	╧	239	EF	∩
16	10	►	48	30	0	80	50	P	112	70	p	144	90	É	176	B0	░	208	D0	╨	240	F0	≡
17	11	◄	49	32	1	81	51	Q	113	71	q	145	91	æ	177	B1	▒	209	D1	╤	241	F1	±
18	12	↕	50	32	2	82	52	R	114	72	r	146	92	Æ	178	B2	▓	210	D2	╥	242	F2	≥
19	13	‼	51	33	3	83	53	S	115	73	s	147	93	ô	179	B3	│	211	D3	╙	243	F3	≤
20	14	¶	52	34	4	84	54	T	116	74	t	148	94	ö	180	B4	┤	212	D4	╘	244	F4	⌠
21	15	§	53	35	5	85	55	U	117	75	u	149	95	ò	181	B5	╡	213	D5	╒	245	F5	⌡
22	16	▬	54	36	6	86	56	V	118	76	v	150	96	û	182	B6	╢	214	D6	╓	246	F6	÷
23	17	↨	55	37	7	87	57	W	119	77	w	151	97	ù	183	B7	╖	215	D7	╫	247	F7	≈
24	18	↑	56	38	8	88	58	X	120	78	x	152	98	ÿ	184	B8	╕	216	D8	╪	248	F8	°
25	19	↓	57	39	9	89	59	Y	121	79	y	153	99	Ö	185	B9	╣	217	D9	┘	249	F9	∙
26	1A	→	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z	154	9A	Ü	186	BA	║	218	DA	┌	250	FA	·
27	1B	←	59	3B	;	91	5B	[	123	7B	{	155	9B	¢	187	BB	╗	219	DB	█	251	FB	√
28	1C	∟	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	¦	156	9C	£	188	BC	╝	220	DC	▄	252	FC	ⁿ
29	1D	↔	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}	157	9D	¥	189	BD	╜	221	DD	▌	253	FD	²
30	1E	▲	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~	158	9E	₧	190	BE	╛	222	DE	▐	254	FE	■
31	1F	▼	63	3F	?	95	5F	_	127	7F	⌂	159	9F	ƒ	191	BF	┐	223	DF	▀	255	FF	

Figuur 6/10.16-3: De samenstelling van de "Extended ASCCI" code-page.

De HTML-specificaties geven op dat alle HTML-pagina's volgens deze standaard moeten worden gecodeerd. Alle browsers zijn dan ook in staat alle karakters van deze set uit te lezen en op het beeldscherm te zetten.

Deze tabel gaat uit ook uit van 8 bit brede codes, zodat in totaal 256 verschillende karakters kunnen worden gedefinieerd. Als men er de noodzakelijke besturingstekens aftrekt, blijven er ongeveer 220 cijfercodes over. Dit geeft de mogelijkheid de voornaamste accentletters door een eigen code voor te stellen. In de tabellen van de figuren 6/10.16-4 en -5 is een overzicht gegeven van deze codetabel.

10.16 De Unicode standaard

00 – 08	Unused		97 -122	a – z	Lowercase letters
09		Horizontal tab	123	{	Left curly brace
10		Line feed	124	|	Vertical bar
11 – 12	Unused		125	}	Right curly brace
13		Carriage Return	126	~	Tilde
14 – 31	Unused		127 -159	Unused	
32		Space	160		Nonbreaking space
33	!	Exclamation mark	161	¡	Inverted exclamation
34	"	Quotation mark	162	¢	Cent sign
35	#	Number sign	163	#	Pound sterling
36	$	Dollar sign	164	¤	General currency sign
37	%	Percent sign	165	•	Yen sign
38	&	Ampersand	166	¦	Broken vertical bar
39	'	Apostrophe	167	§	Section sign
40	(	Left parenthesis	168	¨	Umlaut (dieresis)
41	)	Right parenthesis	169	(c)	Copyright
42	*	Asterisk	170	ª	Feminine ordinal
43	+	Plus sign	171	"	Left angle quote,
44	,	Comma	172	¬	Not sign
45	-	Hyphen	173	-	Soft hyphen
46	.	Period (fullstop)	174	(r)	Registered trademark
47	/	Solidus (slash)	175	□	Macron accent
48 -57	0 – 9	Decimal digits	176	_	Degree sign
58	:	Colon	177	±	Plus or minus
59	;	Semi-colon	178	²	Superscript two
60	<	Less than	179	³	Superscript three
61	=	Equals sign	180	´	Acute accent
62	>	Greater than	181	µ	Micro sign
63	?	Question mark	182	¶	Paragraph sign
64	@	Commercial at	183	□	Middle dot
65 – 90	A – Z	Uppercase letters	184	¸	Cedilla
91	[	Left square bracket	185	¹	Superscript one
92	\	Reverse solidus (backslash)	186	º	Masculine ordinal
93	]	Right square bracket	187	"	Right angle quote,
94	^	Caret	188	¼	Fraction one-fourth
95	_	Horizontal bar (underscore)	189	½	Fraction one-half
96	'	Acute accent	190	¾	Fraction

Figuur 6/10.16-4: De ISO 8859-1 karakterset, deel 1.

10.16 De Unicode standaard

191	¿	Inverted question
192	À	Capital A, grave
193	Á	Capital A, acute
194	Â	Capital A, circumflex accent
195	Ã	Capital A, tilde
196	Ä	Capital A, dieresis or umlaut mark
197	Å	Capital A, ring
198	Æ	Capital AE dipthong (ligature)
199	Ç	Capital C, cedilla
200	È	Capital E, grave
201	É	Capital E, acute
202	□	Capital E, circumflex
203	Ë	Capital E, dieresis
204	Ì	Capital I, grave
205	Í	Capital I, acute
206	Î	Capital I, circumflex
207	Ï	Capital I, dieresis
208	Ð	Capital Eth,
209	—	Capital N, tilde
210	″	Capital O, grave
211	″	Capital O, acute
212	′	Capital O, circumflex
213	′	Capital O, tilde
214	Ö	Capital O, dieresis
215	□	Multiply sign
216	Ø	Capital O, slash
217	Ù	Capital U, grave
218	Ú	Capital U, acute
219	Û	Capital U, circumflex
220	Ü	Capital U, dieresis
221	Ý	Capital Y, acute
222	Þ	Capital THORN,
223	ß	Small sharp s German
224	à	Small a, grave accent
225	á	Small a, acute accent
226	â	Small a, circumflex
227	ã	Small a, tilde
228	ä	Small a, dieresis
229	å	Small a, ring
230	æ	Small ae dipthong (ligature)
231	ç	Small c, cedilla
232	è	Small e, grave accent
233	é	Small e, acute accent
234	ê	Small e, circumflex
235	ë	Small e, dieresis or umlaut
236	ì	Small i, grave accent
237	í	Small i, acute accent
238	î	Small i, circumflex
239	ï	Small i, dieresis or umlaut
240	ð	Small eth, Icelandic
241	ñ	Small n, tilde
242	ò	Small o, grave accent
243	ó	Small o, acute accent
244	ô	Small o, circumflex
245	õ	Small o, tilde
246	ö	Small o, dieresis or umlaut
247	□	Division sign
248	ø	Small o, slash
249	ù	Small u, grave accent
250	ú	Small u, acute accent
251	û	Small u, circumflex
252	ü	Small u, dieresis or umlaut
253	ý	Small y, acute accent
254	þ	Small thorn
255	ÿ	Small y, dieresis or umlaut

Figuur 6/10.16-5: De ISO 8859-1 karakterset, deel 2.

10.16 De Unicode standaard

Beperkingen
Ook de ISO 8859-1 set heeft echter zware beperkingen. Zo stelt men vast dat er slechts weinig Griekse letters aanwezig zijn. Toch zijn deze letters zeer belangrijk voor wetenschappelijke verhalen, omdat een heleboel natuurkundige grootheden worden voorgesteld door Griekse letters. Vandaar dat men vaak vaststelt dat Griekse letters op het Internet door kleine illustraties onder de vorm van GIF'jes in een tekst worden opgenomen. Ongelooflijk in deze moderne tijd! Verder zijn geen Cyrillische karakters gedefinieerd, terwijl er toch een aantal Europese talen zijn die van deze karakters gebruik maken.
Japanse, Chinese en Koreaanse zal men natuurlijk ook tevergeefs zoeken, terwijl dit toch drie talen zijn die in technisch opzicht op dit moment niet onbelangrijk zijn. Voor het ondersteunen van dergelijke talen werden verschillende systemen ontwikkeld, die gebruik maken van dubbel-byte codering. Om compatibel te zijn met de "Europese" karaktercoderingen, worden sommige karakters voorgesteld door één byte en anderen door twee bytes. Het zal duidelijk zijn dat hierdoor de problemen die komen kijken bij het inlezen van deze tekenset's in programma's alleen maar toenemen.

Een nieuwe universele standaard
In 1988 werd, op initiatief van Apple en Xerox, een werkgroep in het leven geroepen die tot taak had een nieuwe standaard voor karakter-identificatie te ontwikkelen, die universeel bruikbaar moest zijn. In 1991 sloten alle bekende hard- en software-producenten zich hierbij aan en werd de werkgroep officieel het "Unicode-consortium" gedoopt.
Dit consortium werkte nauw samen met de ISO, de "International Organisation for Standardisation". Het gevolg was dat er een ISO-gecertificeerde norm tot stand kwam, die ISO 10646 werd genoemd.
In het spraakgebruik gaat deze norm door het leven als "UNICODE".

Unicode 2.0
In de loop der jaren zijn diverse versies ontwikkeld, zodat op dit moment in de praktijk sprake in van Unicode 2.0. Deze norm kan in totaal niet minder dan 65.536 karakters definiëren en ondersteunt in de praktijk ongeveer 40.000 karakters van alle bekende en minder bekende Aardse talen.

Unicode 3.0
Maar omdat deze 40.000 karakters blijkbaar toch nog niet alle talen afdekken, wordt op dit moment gewerkt aan versie 3.0. Deze zal nog een paar duizend extra karakters ondersteunen van minder bekende talen zoals Ethiopisch of Khmer. Unicode 3.0 zal ook het nieuwe symbool van de Europese munt gaan ondersteunen.

Universeel symbool
De meeste software-fabrikanten hebben inmiddels Unicode 2.0 en 3.0 in hun pakketten geïmplementeerd. Een paar bekende pakketten die Unicode ondersteunen zijn:
- Windows NT;
- Windows 98 en opvolgers;
- Netscape Navigator;
- Internet Explorer;
- Office 98 en opvolgers;
- Java.

Symbool
Natuurlijk is een herkenbaar symbool ontwikkeld, dat leveranciers mogen vermelden op de verpakking als zij de officiële

10.16 De Unicode standaard

Unicode-norm ondersteunen. Dit symbool is voorgesteld in figuur 6/10.16-6.



Figuur 6/10.16-6: Het Unicode-symbool.

Unicode 2.0

Inleiding
De huidige versie 2.0 van Unicode ondersteunt, om precies te zijn, 38.885 karakters uit 25 talen. Deze talen zijn geselecteerd uit de meest toegepaste talen van de beide Amerika's, Europa, het Midden-oosten, Afrika, India, Azië en de Pacific.
In Unicode-terminologie heet een taal een "script". Een script bestaat uit een set symbolen, die alle karakters van een bepaalde taal beschrijven. Deze symbolen zijn gegroepeerd in matrixen, die meestal uit 16 bij 8 karakters bestaan en die "blocks" worden genoemd. Deze matrixen kunnen uiteraard op een heel eenvoudige manier hexadecimaal gecodeerd worden.
Zo'n karakter-matrix is vaak voldoende voor het beschrijven van vele talen, bijvoorbeeld Latin. Soms zijn er echter diverse blocks noodzakelijk voor het beschrijven van slechts één taal, bijvoorbeeld Japans.

Standard scripts
De in versie 2.0 ondersteunde talen, die de "standard scripts" worden genoemd, zijn alfabetisch gerangschikt volgens de officiële Unicode-benamingen:
- Arabic;
- Armenian;
- Bengali;
- Bopomofo;
- Cyrillic;
- Devanagari;
- Georgian;
- Greek;
- Guyarati;
- Gurmkhi;
- Han;
- Hangul;
- Hebrew;
- Hiragana;
- Kannada;
- Katakana;
- Latin;
- Lao;
- Malayalam;
- Oriya;
- Phonetic;
- Tamil;
- Telugu;
- Thai;
- Tibetan.

Secundaire scripts
Naast de taal-matrixen zijn er ook nog een stel matrixen gedefinieerd voor allerhande zeer bruikbare symbolen, bijvoorbeeld wiskundige symbolen. Deze matrixen worden de "secundaire scripts" genoemd, of ook wel de "pseudo-scripts".
Er zijn matrixen gedefinieerd voor, alweer volgens de Unicode-benamingen:
- Numbers;
- General Diacritics;
- General Punctuation;
- General Symbols;

10.16 De Unicode standaard

- Mathematical Symbols;
- Technical Symbols;
- Dingbats Arrows;
- Blocks;
- Box Drawing Forms;
- Geometric Shapes;
- Miscellaneous Symbols;
- Presentation Forms.

Modern scripts
Naast de standaard en de secundaire scripts definieert de Unicode-standaard ook nog zogenoemde "Modern scripts". Deze worden echter nog niet ondersteund in versie 2.0, maar waarschijnlijk wél in versie 3.0. Het gaat hierbij voornamelijk om zeer locale talen, waarbij nu pogingen worden ondernomen om de "outlines" (de vorm) van alle karakters uniform te beschrijven. De volgende modern scripts worden op dit moment onderzocht:
- Burmese;
- Cherokee;
- Cree;
- Ethiopic;
- Khmer (Cambodian);
- Maldivian (Dihevi);
- Mongolian;
- Moso (Naxi);
- Pahawh Hmong Rong (Lepcha);
- Sinhalese (Sri Lanka);
- Tai Lu Tai Mau;
- Tifinagh Yi (Lolo).

Archaic scripts
Naast de beschreven "levende" talen bestaan er natuurlijk ook een heleboel "dode" talen. Dat zijn talen die ooit werden geschreven, maar de loop der geschiedenis niet hebben overleefd. Het Unicode-consortium is van plan in toekomstige versies sommige van deze dode talen op te nemen:

- Ahom;
- Akkadian;
- Aramaic;
- Babylonian;
- Balinese;
- Balti;
- Batak;
- Brahmi;
- Buginese;
- Chola;
- Cypro Minoan;
- Etruscan;
- Glagolitic;
- Hieroglyphic Egyptian;
- Hieroglyphic Hittite;
- Javanese;
- Kaithi;
- Kawi;
- Khamti;
- Kharoshthi;
- Kirat (Limbu);
- Lahnda;
- Linear B;
- Mandaic;
- Mangjan;
- Manipuri (Meithei);
- Meroitic (Kush);
- Modi;
- Numidian;
- Ogham;
- Pahlavi (Avestan);
- Phappa;
- Pju;
- Old Persian;
- Phoenician;
- Runes;
- Satavahana;
- Siddham;
- South Arabian;
- Sumerian;
- Sjriac;
- Tagalog;
- Tagbanuwa;
- Tircul;

10.16 De Unicode standaard

- Ugaritic.

Het zal duidelijk zijn dat dit project van het grootste wetenschappelijk belang is en dat het eenduidig elektronisch beschrijven van alle karakters van deze talen samenwerking met tal van zeer specialistische wetenschappen vergt!

Private Use Blocks

Unicode biedt de mogelijkheid bepaalde blocks met eigen karakters in te vullen. Deze blokken, waarvan er in de versie 2.0 één beschikbaar is, worden "Private Use Blocks" genoemd.

De blocks

Ieder block bestaat uit 16 x 8 karakters, zodat ieder karakter eenduidig gedefinieerd kan worden door middel van één hexadecimale code, die uit vier digits bestaat. De verschillende blocks zijn op een dusdanige manier gecodeerd, dat het Latijnse schrift en de besturingscodes in de eerste twee blokken zitten. Op deze manier kan men eenvoudig omschakelen van 7 bit ASCII naar Unicode: de karaktercodes zijn identiek! Dat was een absolute voorwaarde, want er bestaan inmiddels tientallen miljoenen documenten die onder de vorm van 7 bit ASCII bewaard zijn. Deze documenten moeten, als alle programma's overgeschakeld zijn naar Unicode, natuurlijk nog wél gelezen kunnen worden. De volgorde van de blokken, volgens oplopende hexadecimale codering, is als volgt:

- CO Controls and Basic Latin;
- C1 Controls and Latin-1 Supplement;
- Latin Extended A;
- Latin Extended B;
- IPA Extensions;
- Spacing Modifier Letters;
- Combining Diacritical Marks;
- Greek;
- Cyrillic;
- Armenian;
- Hebrew;
- Arabic;
- Devanagari;
- Bengali;
- Gurmukhi;
- Gujarati;
- Orija;
- Tamil;
- Telugu;
- Kannada;
- Malajalam;
- Thai;
- Lao;
- Tibetan;
- Georgian;
- Hangul Jamo;
- Latin Extended Additional;
- Greek Extended;
- General Punctuation;
- Superscripts and Subscripts;
- Currency Symbols;
- Combining Diacritical Marks for Symbols;
- Letterlyke Symbols;
- Number Forms;
- Arrows;
- Mathematical Operators;
- Miscellaneous Technical;
- Control Pictures;
- Optical Character Recognition;
- Enclosed Alphanumerics;
- Box Drawing;
- Block Elements;
- Geometric Shapes;
- Miscellaneous Symbols;
- Dingbats;
- CJK Symbols and Punctuation;
- Hiragana;
- Katakana;
- Bopomofo;
- Hangul Compatibility Jamo;
- Kanbun;

10.16 De Unicode standaard

	000	001	002	003	004	005	006	007	008	009	00A	00B	00C	00D	00E	00F
0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p	CTRL	CTRL	NB SP	°	À	Đ	à	ð
1	STX	DC1	!	1	A	Q	a	q	CTRL	CTRL	¡	±	Á	Ñ	á	ñ
2	SOT	DC2	"	2	B	R	b	r	CTRL	CTRL	¢	²	Â	Ò	â	ò
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s	CTRL	CTRL	£	³	Ã	Ó	ã	ó
4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t	CTRL	CTRL	¤	´	Ä	Ô	ä	ô
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u	CTRL	CTRL	¥	µ	Å	Õ	å	õ
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v	CTRL	CTRL	¦	¶	Æ	Ö	æ	ö
7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w	CTRL	CTRL	§	·	Ç	×	ç	÷
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x	CTRL	CTRL	¨	¸	È	Ø	è	ø
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y	CTRL	CTRL	©	¹	É	Ù	é	ù
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z	CTRL	CTRL	ª	º	Ê	Ú	ê	ú
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{	CTRL	CTRL	«	»	Ë	Û	ë	û
C	FF	FS	,	<	L	\	l	|	CTRL	CTRL	¬	¼	Ì	Ü	ì	ü
D	CR	GS	-	=	M	]	m	}	CTRL	CTRL	-	½	Í	Ý	í	ý
E	SO	RS	.	>	N	^	n	~	CTRL	CTRL	®	¾	Î	Þ	î	þ
F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL	CTRL	CTRL	¯	¿	Ï	ß	ï	ÿ

	010	011	012	013	014	015	016	017	018	019	01A	01B	01C	01D	01E	01F
0	Ā	Đ	Ġ	İ	ŀ	Ő	Š	Ű	ƀ	Ɛ	Ơ	ư	ǀ	ǐ	Ǡ	ǰ
1	ā	đ	ġ	ı	Ł	ő	š	ű	Ɓ	Ƒ	ơ	Ʊ	ǁ	Ǒ	ǡ	Ǳ
2	Ă	Ē	Ģ	Ĳ	ł	Œ	Ţ	Ų	Ƃ	ƒ	Ƣ	Ʋ	ǂ	ǒ	Ǣ	ǲ
3	ă	ē	ģ	ĳ	Ń	œ	ţ	ų	ƃ	Ɠ	ƣ	Ƴ	ǃ	Ǔ	ǣ	ǳ
4	Ą	Ĕ	Ĥ	Ĵ	ń	Ŕ	Ť	Ŵ	Ƅ	Ɣ	Ƥ	ƴ	Ǆ	ǔ	Ǥ	Ǵ
5	ą	ĕ	ĥ	ĵ	Ņ	ŕ	ť	ŵ	ƅ	ƕ	ƥ	Ƶ	ǅ	Ǖ	ǥ	ǵ
6	Ć	Ė	Ħ	Ķ	ņ	Ŗ	Ŧ	Ŷ	Ɔ	Ɩ	Ʀ	ƶ	ǆ	ǖ	Ǧ	
7	ć	ė	ħ	ķ	Ň	ŗ	ŧ	ŷ	Ƈ	Ɨ	Ƨ	Ʒ	Ǉ	Ǘ	ǧ	
8	Ĉ	Ę	Ĩ	ĸ	ň	Ř	Ũ	Ÿ	ƈ	Ƙ	ƨ	Ƹ	ǈ	ǘ	Ǩ	
9	ĉ	ę	ĩ	Ĺ	ŉ	ř	ũ	Ź	Ɖ	ƙ	Ʃ	ƹ	ǉ	Ǚ	ǩ	
A	Ċ	Ě	Ī	ĺ	Ŋ	Ś	Ū	ź	Ɗ	ƚ	ƪ	ƺ	Ǌ	ǚ	Ǫ	Ǻ
B	ċ	ě	ī	Ļ	ŋ	ś	ū	Ż	Ƌ	ƛ	ƫ	ƻ	ǋ	Ǜ	ǫ	ǻ
C	Č	Ĝ	Ĭ	ļ	Ō	Ŝ	Ŭ	ż	ƌ	Ɯ	Ƭ	Ƽ	ǌ	ǜ	Ǭ	Ǽ
D	č	ĝ	ĭ	Ľ	ō	ŝ	ŭ	Ž	ƍ	Ɲ	ƭ	ƽ	Ǎ	ǝ	ǭ	ǽ
E	Ď	Ğ	Į	ľ	Ŏ	Ş	Ů	ž	Ǝ	ƞ	Ʈ	ƾ	ǎ	Ǟ	Ǯ	Ǿ
F	ď	ğ	į	Ŀ	ŏ	ş	ů	ſ	Ə	Ɵ	Ư	ƿ	Ǐ	ǟ	ǯ	ǿ

Figuur 6/10.16-7: De vier Latin-blocks van Unicode versie 2.0.

- Enclosed CJK Letters and Months;
- CJK Compatibility;
- CJK Ideographs;
- Hangul Sjllables;
- High Surrogates;
- High Private Use Surrogates;
- Low Surrogates;
- Private Use Area;
- CJK Compatibility Ideographs;
- Alphabetic Presentation Forms;
- Arabic Presentation Forms-A;
- Combining HalfMarks;
- CJK Compatibility Forms;
- Small Form Variants;
- Arabic Presentation Forms-B;
- Halwidth and Fullwidth Forms;
- Specials.

De Latin-blocks

Europese computergebruikers zijn natuurlijk het meest geïnteresseerd in de Latin-blocks. De vier eerste blocks worden hiervoor gebruikt. In de tabel van figuur 6/10.16-7 wordt de samenstelling van deze blocks geschetst.

Symbolen-blocks

Een groot aantal blocks is voorzien voor allerhande soorten symbolen. Als voorbeeld geeft figuur 6/10.16-8 het block "Box Drawing": 128 karakters die bedoeld zijn voor het snel tekenen van tabellen en kaders.

Vreemde talen

Unicode 2.0 ondersteunt, het is reeds vele malen geschreven, diverse vreemde talen. Als voorbeeld van de complexiteit van de blocks van dergelijke talen geeft figuur 6/10.16-9 de samenstelling van één block uit de Katakana karakterset, die overigens uit nog meer blocks bestaat.

10.16 De Unicode standaard

	250	251	252	253	254	255	256	257
0	─ 2500	┐ 2510	┠ 2520	┰ 2530	╀ 2540	═ 2550	╠ 2560	╰ 2570
1	━ 2501	┑ 2511	┡ 2521	┱ 2531	╁ 2541	║ 2551	╡ 2561	╱ 2571
2	│ 2502	┒ 2512	┢ 2522	┲ 2532	╂ 2542	╒ 2552	╢ 2562	╲ 2572
3	┃ 2503	┓ 2513	┣ 2523	┳ 2533	╃ 2543	╓ 2553	╣ 2563	╳ 2573
4	┄ 2504	└ 2514	┤ 2524	┴ 2534	╄ 2544	╔ 2554	╤ 2564	╴ 2574
5	┅ 2505	┕ 2515	┥ 2525	┵ 2535	╅ 2545	╕ 2555	╥ 2565	╵ 2575
6	┆ 2506	┖ 2516	┦ 2526	┶ 2536	╆ 2546	╖ 2556	╦ 2566	╶ 2576
7	┇ 2507	┗ 2517	┧ 2527	┷ 2537	╇ 2547	╗ 2557	╧ 2567	╷ 2577
8	┈ 2508	┘ 2518	┨ 2528	┸ 2538	╈ 2548	╘ 2558	╨ 2568	╸ 2578
9	┉ 2509	┙ 2519	┩ 2529	┹ 2539	╉ 2549	╙ 2559	╩ 2569	╹ 2579
A	┊ 250A	┚ 251A	┪ 252A	┺ 253A	╊ 254A	╚ 255A	╪ 256A	╺ 257A
B	┋ 250B	┛ 251B	┫ 252B	┻ 253B	╋ 254B	╛ 255B	╫ 256B	╻ 257B
C	┌ 250C	├ 251C	┬ 252C	┼ 253C	╌ 254C	╜ 255C	╬ 256C	╼ 257C
D	┍ 250D	┝ 251D	┭ 252D	┽ 253D	╍ 254D	╝ 255D	╭ 256D	╽ 257D
E	┎ 250E	┞ 251E	┮ 252E	┾ 253E	╎ 254E	╞ 255E	╮ 256E	╾ 257E
F	┏ 250F	┟ 251F	┯ 252F	┿ 253F	╏ 254F	╟ 255F	╯ 256F	╿ 257F

Figuur 6/10.16-8: Een van de vele symbolenblocks: de "Box Drawing" voor het snel tekenen van tabellen en kaders.

Encoding systemen

Omzetten

De Unicode karakters kunnen via diverse technieken gedecodeerd worden. Op dit moment zijn de onderstaande algoritmen geïmplementeerd:

- UCS-2;
- UTF-16;
- UTF-8;
- UTF-7.

UTF-7

Het UTF-7 algoritme zorgt voor de omzetting van Unicode2 karakters in 7 bit ASCII en vice versa. Het Unicode-consortium heeft de algoritmen voor diverse platforms ontwikkeld en deze staan ter beschikking voor programmeurs.

FEP en IME

Twee begrippen die in de toekomst van tekstververwerking aan de orde zullen komen zijn "Frond End Processor" en "Input Method Editor". Dergelijke programma's zijn noodzakelijk om alle karakters, die door Unicode ondersteund worden, op een confortabele manier via het toetsenbord te kunnen invoeren. Bovendien zullen deze programma's ervoor zorgen dat bij talen die van rechts naar links geschreven worden (Arabisch, Hebreeuws) de noodzakelijke vertaalslag tussen toetsenbord en beeldscherm volledig automatisch wordt doorgevoerd.

10.16 De Unicode standaard

U+5F00 - U+5FFF

To change to another block, click on one of the boxes to the left.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	开	弐	张	弰	彀	彐	彠	彰	往	徐	徠	徰	忀	忐	忠	忰
1	弁	弑	弡	弱	彁	彑	彡	影	征	徑	御	徱	忁	忑	忡	忱
2	异	弒	弢	弲	彂	归	形	彲	徂	徒	徢	徲	忂	忒	忢	忲
3	弃	弓	弣	弳	彃	当	彣	彳	徃	従	徣	徳	心	忓	忣	忳
4	弄	弔	弤	弴	彄	彔	彤	彴	径	徔	徤	徴	忄	忔	忤	忴
5	弅	引	弥	張	彅	录	彥	彵	待	徕	徥	徵	必	忕	忥	念
6	弆	弖	弦	弶	彆	彖	彦	彶	徆	徖	徦	徶	忆	忖	忦	忶
7	弇	弗	弧	強	彇	彗	彧	彷	徇	得	徧	德	忇	志	忧	忷
8	弈	弘	弨	弸	彈	彘	彨	彸	很	徘	徨	徸	忈	忘	忨	忸
9	弉	弙	弩	弹	彉	彙	彩	役	徉	徙	復	徹	忉	忙	忩	忹
A	弊	弚	弪	强	彊	彚	彪	彺	徊	徚	循	徺	忊	忚	忪	忺
B	弋	弛	弫	弻	彋	彛	彫	彻	律	徛	徫	徻	忋	忛	快	忻
C	弌	弜	弬	弼	彌	彜	彬	彼	後	徜	徬	徼	忌	応	忬	忼
D	弍	弝	弭	弽	彍	彝	彭	彽	徍	徝	徭	徽	忍	忝	忭	忽
E	弎	弞	弮	弾	彎	彞	彮	彾	徎	從	微	徾	忎	忞	忮	忾
F	式	弟	弯	弿	彏	彟	彯	彿	徏	徟	徯	徿	忏	忟	忯	忿

Figuur 6/10.16-9: Een van de blocks die noodzakelijk zijn voor het weergeven van Katakana, het Japans "alfabet".

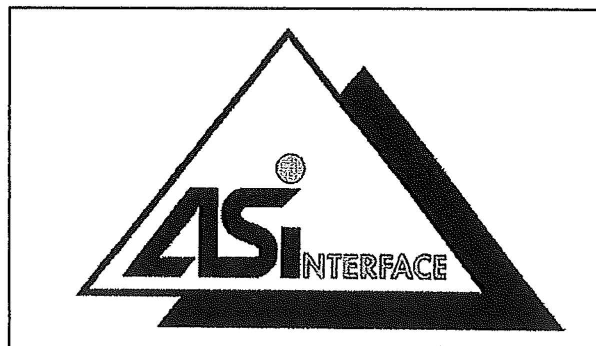
10.16 De Unicode standaard

6/10.17

De Actuator Sensor Interface ASi

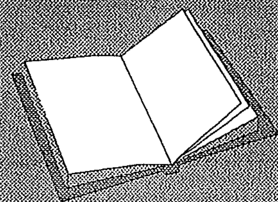
Inleiding

Introductie
Bij het automatiseren van industriële processen wordt gebruik gemaakt van "sensoren" en "actuatoren". Sensoren meten fysische grootheden en zetten deze om in een elektrische spanning. Actuatoren ontvangen een elektrische spanning en bedienen daarmee kleppen, kranen en elektromagneten. Als men een ingewikkeld proces moet automatiseren krijgt men snel te maken met tientallen sensoren en actuatoren die vanuit een centrale bedieningseenheid uitgelezen (sensoren) en bediend (actuatoren) worden. Het bedraden van het gehele systeem wordt dan een klus van jewelste. Hiervoor is een handige oplossing gevonden: ASi.
De ASi interface is de eenvoudigste veldbus in de industriële elektronica. ASi staat voor "Actuator Sensor Interface" en wordt voorgesteld door het symbool van figuur 6/10.17-1. Met zijn karakteristieke gele kabel is het een van de innovatiefste oplossingen in de huidige moderne industriële automatiseringstechniek. Een aantal Duitse en Zwitserse bedrijven heeft in 1990 het voortouw genomen bij de ontwikkeling van ASi. Het systeem wordt voornamelijk toegepast voor het automatiseren van gebouwen en in de procesindustrie. De ASi is zonder meer het gunstige alternatief voor de conventionele kabelboom die allerlei sensoren met een besturingssysteem verbindt. Na een fase van testen en bouwen van installaties met een enorme diversiteit aan producten en toepassingen bleek de bus zeer betrouwbaar. Dit heeft geleid tot een algemeen geaccepteerde veldbus.



Figuur 6/10.17-1: Het gestandaardiseerde symbool van de ASi.

LEES OOK:
Geen verwijzingen



10.17 De Actuator Sensor Interface ASi

Het idee

Het idee in het ontwikkelingsstadium was een uiterst eenvoudige binaire veldbus te ontwikkelen voor actuatoren en sensoren. De bekabeling moest bestaan uit één tweedraadssysteem waarbij energie en data over één en dezelfde kabel getransporteerd konden worden. Eenvoud en snelheid van montage stonden hierbij centraal. Door de snelle acceptatie in de praktijk heeft dit geleid tot de ontwikkeling van intelligente digitale en analoge sensoren voor de ASi interface.
Voor uitgebreide toepassingsmogelijkheid op het gebied van de actuatoren zijn er voorzieningen getroffen voor aansluiting van extra energie, zowel 24 V_{DC} als 230 V_{AC}.

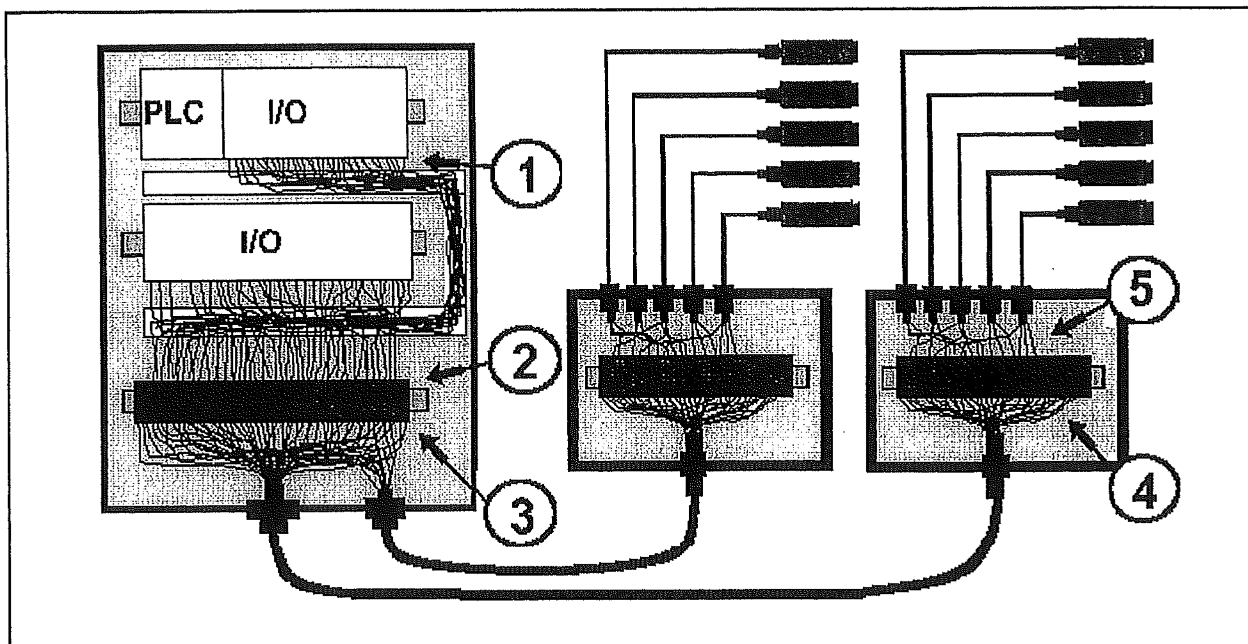
ASi in plaats van kabelwirwar

Aan het systeem waarbij elke afzonderlijke sensor, elk magneetventiel, elke drukknop en elke fotocel afzonderlijk moet worden aangesloten op de besturingseenheid komt dank zij ASi definitief een einde.
Bij ASi is nog slechts één onafgeschermde tweedraadskabel nodig om alle sensoren en actuatoren met de besturingseenheid te verbinden. Dit levert niet alleen een aanzienlijke besparing in installatietijd op, maar ook de bekende dikke kabelbundels, de oneindige hoeveelheid klemmenstroken, verdeelsystemen en koppelrelais kunnen vervallen. Het geheel wordt uiterst overzichtelijk en vereenvoudigt daardoor ook de inbedrijfname van geautomatiseerde systemen. Het toepassen van ASi in plaats van conventionele parallelle bekabeling kan bovendien een kostenbesparing tot 30 % opleveren.
In het algemeen kan worden gesteld dat ook bij relatief kleine toepassingen de kosten van de hardware zullen afnemen.

Een praktijkvoorbeeld

Als voorbeeld wordt de automatisering van een flessenvul machine behandeld. Rechts worden de flessen toegevoerd via een transportband waarbij ingangsinspectie plaatsvindt. Sensoren bepalen of de flessen bijvoorbeeld de juiste kleur en afmetingen hebben en of de doppen zijn verwijderd. Als de sensor reageert op een metalen dop, wordt de betreffende fles afgevoerd. De flessen komen vervolgens aan bij de wasstraat waar een sensor een seintje geeft om het spoelventiel te openen.
Na afspoelen, uit laten druipen en drogen in de oven wordt opnieuw met behulp van sensoren bepaald of de flessen dit goed hebben doorstaan. Flessen die buiten de specificaties vallen, bijvoorbeeld ten gevolge van breuk, worden zijdelings afgevoerd waarbij een sensor de afvoerband start. Een andere sensor telt de schone flessen en zorgt ervoor dat deze naar de vulcaroussel worden getransporteerd. Mocht er hier iets mis gaan, dan kunnen in dit geval de schone flessen na het verlaten van de wasstraat net voor de caroussel zijdelings worden afgevoerd zodat er geen ophopingen ontstaan waarbij de flessen van de transportband worden gedrukt. Op de caroussel houden sensoren bij of een fles steeds exact onder de vultrechter staat waarna de vloeistof wordt toegevoerd tot de fles is gevuld.
Na het afvullen verlaten de flessen de caroussel waarbij een sensor een seintje geeft dat de dop op de fles kan worden geplaatst. Een sensor kijkt of er nog voldoende doppen in het voorraadmagazijn zijn.
Via een vernuftig transportsysteem, aangegeven door een tweetal actuatoren, wordt de voorraad doppen indien nodig aangevuld.

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi



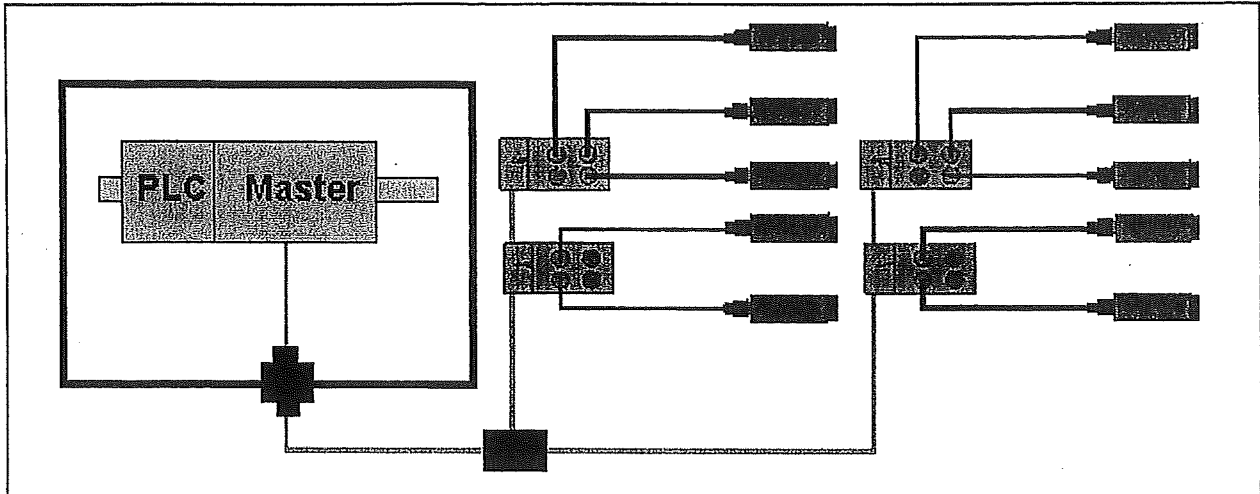
Figuur 6/10.17-2: De traditionele manier van bedraden van een uitgebreid sensorenveld.

De gevulde en als het goed is van doppen voorziene flessen worden nog even met een sensor gecontroleerd op de aanwezigheid van de doppen en daarna afgevoerd via de transportband, waarna ze worden verpakt. Ook bij het aanvoeren van de vloeistof doen sensoren hun werk. De eerste vraag is of er voldoende vloeistof in het reservoir is. Met twee sensoren wordt de vulhoogte bepaald. Is het minimum niveau bereikt dan wordt het bovenste ventiel met behulp van actuatoren geopend om het reservoir te vullen. Een doorstromingsmeter test tegelijkertijd of er via de vulpijp bovenin voldoende vloeistof in het reservoir stroomt. Bij het afvullen van de flessen geeft een actuator een seintje aan het uitstroomventiel zodat dit open gaat. Een stromingssensor bepaalt of er inderdaad vloeistof naar de vultrechter loopt. De tijd die nodig is om een fles te vullen is vooraf vastgelegd zodat de besturingseenheid precies op tijd het ventiel weer sluit waarna de volgende fles op de caroussel voor de vultrechter wordt geplaatst.
Bij dit sterk vereenvoudigde schema van het vulproces zijn 19 sensoren/actuatoren betrokken. In de praktijk komt er nog veel meer bij kijken, want ook de transportbanden en de caroussel moeten worden bestuurd en om de productiecapaciteit op te voeren vindt de toevoer van lege flessen en de afvoer van gevulde in een continu proces zonder hiaten plaats.

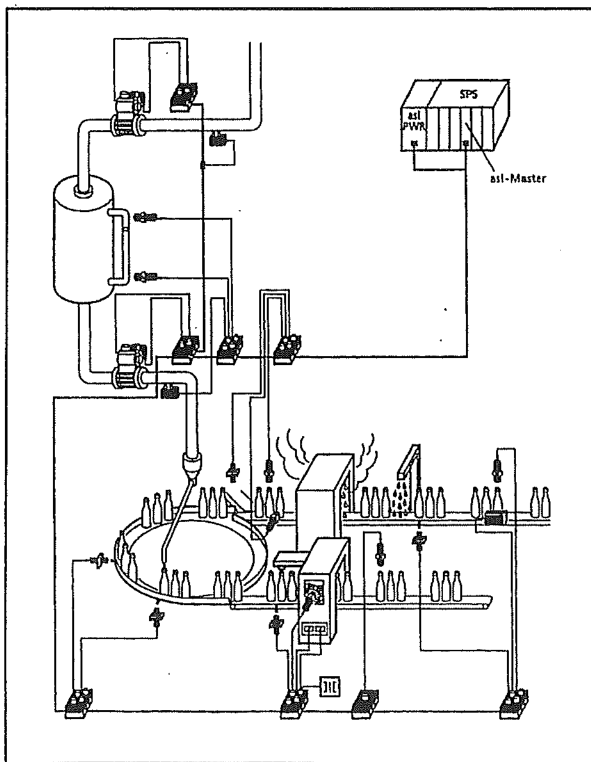
De traditionele manier van werken

Hoe de traditionele manier van werken is, is geschetst in figuur 6/10.17-2. Alle sensoren gaan met afzonderlijke kabels naar de verdeler 5, waarin de signalen en voedingen via een klemmenbord 4 aan een multikabel zijn aangesloten. In de grote centrale besturing 1 worden alle signalen weer via een klemmenbord 3 verbonden met de draadjes 2 die naar de Input/Output-modulen gaan.

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi



Figuur 6/10.17-4: De ASi oplossing voor het voorbeeld.



Figuur 6/10.17-3: De ASi oplossing van het voorbeeld: er loopt maar één tweeaderige kabel door het mechanisme.

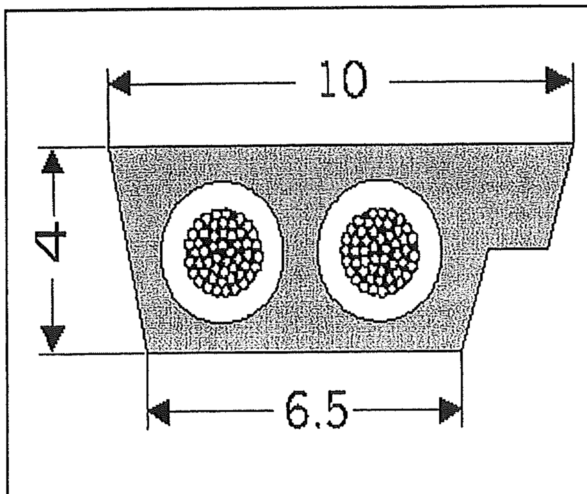
Het alternatief met ASi

In figuur 6/10.17-3 is het ASi alternatief voor dit praktijkvoorbeeld geschetst. De complexe bedrading is vervangen door één soepele gele, trapeziumvormige kunststof bandkabel waarover de voedingsspanning voor de sensoren wordt toegevoerd en tegelijkertijd de signaaloverdracht plaatsvindt. Alle sensoren en actuatoren worden aangesloten op modulen (de ASi slaven) en de AS-i meester bestuurt deze slaven. Deze ASi meester maakt deel uit van de besturingseenheid. Dat is in de meeste gevallen een PLC, hoewel dit in principe ook een PC kan zijn. In deze meester is ook de voedingseenheid (ASi PWR) voor de ASi interface ondergebracht. Schematisch kan deze toepassing van ASi voorgesteld worden door figuur 6/10.17-4. Vergelijk met figuur 6/10.17-2 en nadere toelichting is overbodig!

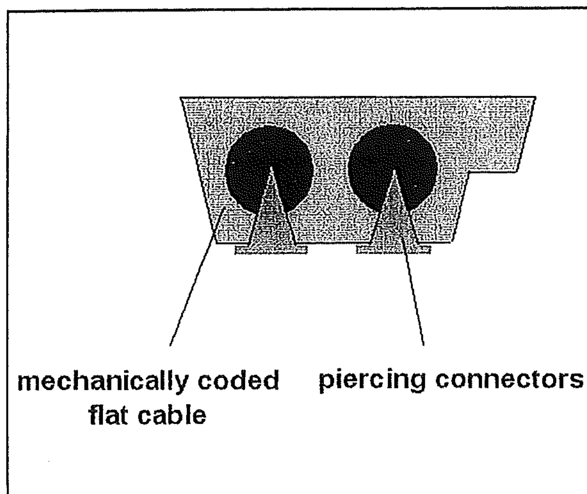
Het systeem

Schematisch is in figuur 6/10.17-3 aangegeven dat voeding en data via dezelfde gele kabel lopen. De speciale gele Asi-kabel is voorgesteld in figuur 6/10.17-5.
De sensoren en actuatoren worden op een speciale manier met de buskabel verbonden, namelijk met behulp van zogenaamde koppelmodulen die op de buskabel worden geprikt. Deze zijn voorzien

van zelfsnijdende contacten (vampierklemmen) om verbinding te maken met de busaders, zie figuur 6/10.17-6.



Figuur 6/10.17-5: Doorsnede door de speciale gele Asi-kabel.



Figuur 6/10.17-6: De zelfsnijdende contacten van de vampierklemmen dringen door de isolatie van de ASi-kabel en maken contact met de twee geleiders.

Dit betekent dat de koppelmodulen op een willekeurige plaats kunnen worden aangebracht, zo dicht mogelijk bij de sensor(en). Op de koppelmodulen kunnen dan in een later stadium, wanneer de kabels zijn gelegd en de koppelmodulen zijn geplaatst, de gebruikersmodulen worden aangebracht. Deze zijn voorzien van M12-bussen waarin de connectoren van de sensoren worden gestoken: solderen komt er niet meer aan te pas! De buskabel heeft nog een voordeel: hij is zelf herstellend. Dat houdt in dat de kabel na verwijdering van een koppelmodule zichzelf weer hermetisch afsluit zodat er geen vocht in de kabel kan dringen. Bij dit systeem is het tevens mogelijk om op een gemakkelijke manier sensoren op een andere plek aan te sluiten, bijvoorbeeld als een installatie later wordt uitgebreid of als een deelsysteem naar een andere plaats in de fabriek verhuist.

De kabellengte

De maximaal toelaatbare kabellengte bedraagt 100 m, maar door repeaters toe te passen is een totale kabellengte van 300 m toelaatbaar waarbij elke 100 m buskabel een eigen voedingseenheid krijgt.

Kenmerken

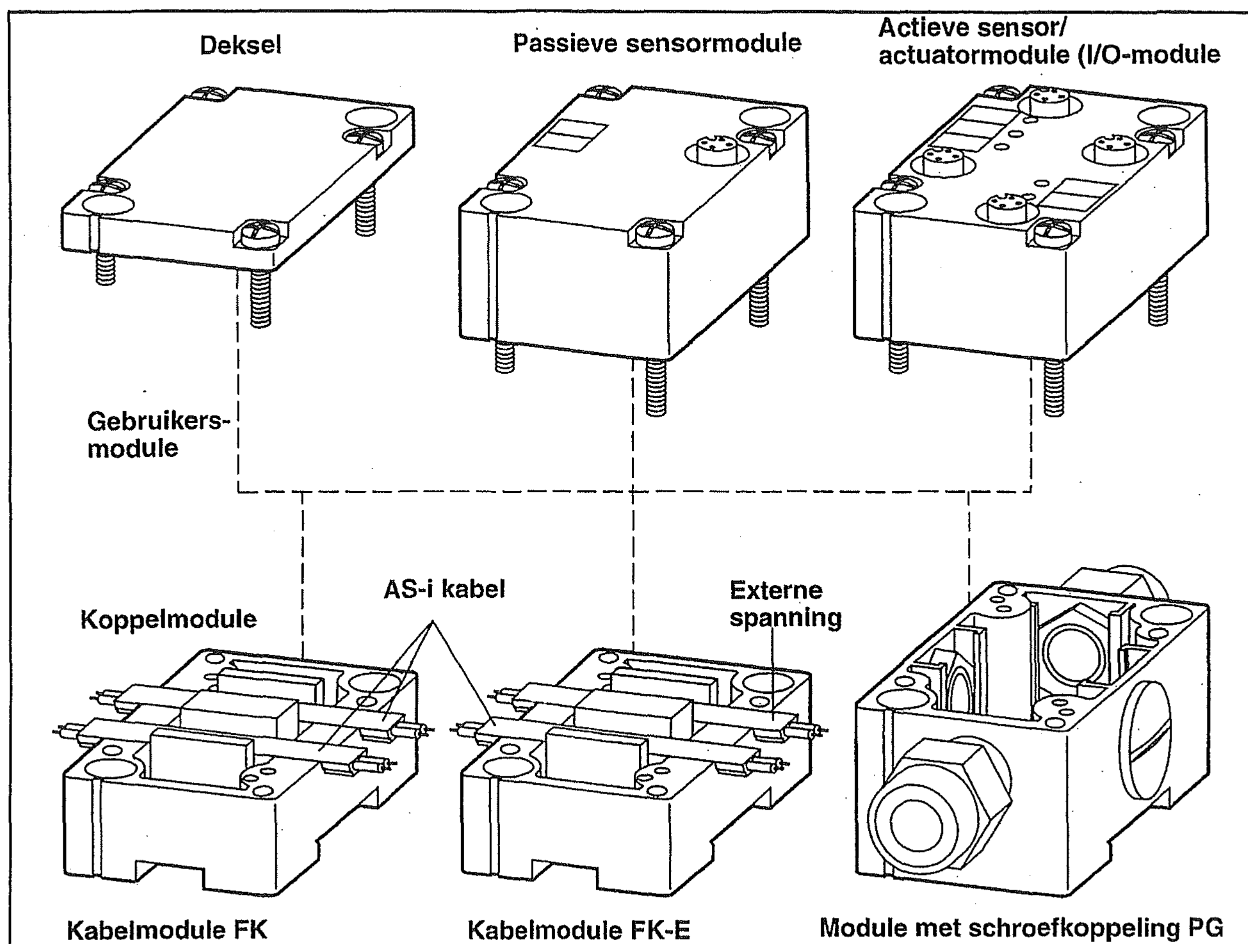
De belangrijkste kenmerken van de ASi bus zijn:

- open boomstructuur;
- niet afgeschermde twee-aderige kabel voor data en voeding;
- maximale kabellengte 100 m (tot 300 m met repeaters);
- maximaal 31 slaven;
- cyclustijd maximaal 5 ms.

ASi verenigingen

Er waren al ASi verenigingen in de VS, Japan en een vijftal Europese landen zodat Nederland niet achter kon blijven. Vanuit de groep "Sensoren" van "Holland Elektronika" is in 1995 een begin gemaakt met een ASi vereniging in Nederland.

10.17 De Actuator Sensor Interface AS



Figuur 6/10.17-7: Diverse uitvoeringen van een Asi-module.

De eerste activiteiten vormden beurspresentaties op de beurzen Elektrotechniek 1995 en Het Instrument 1996.
In april 1998 werd de ASi vereniging Nederland officieel opgericht om de belangen van de aangesloten leden, zijnde leveranciers van actuatoren, sensoren en aansluitsystemen, beter te kunnen behartigen. De vereniging staat open voor alle leveranciers van ASi producten op de Nederlandse markt en inmiddels hebben zich 21 bedrijven aangesloten.

De Asi-modulen

Inleiding

Sensoren en actuatoren worden via een Asi-module op de Asi-kabel aangesloten. Dit noemt men de "gebruikersmodule". Er wordt onderscheid gemaakt tussen het bovenste gedeelte van een module, de gebruikersmodule genaamd en het onderste gedeelte, de koppelmodule, zie figuur 6/10.17-7. De gebruikersmodulen

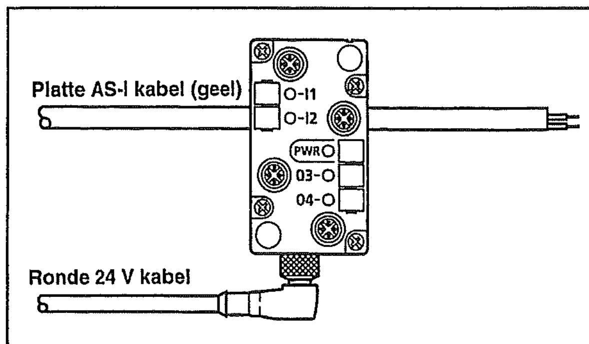
10.17 De Actuator Sensor Interface ASi

kunnen actief of passief zijn en bestaan uit alleen maar een afsluitdeksel, een passieve sensormodule of een actieve sensor/actuator-module (I/O-module). De gebruikersmodulen zorgen voor de verbinding van de sensor/actuator met de koppelmodule. De koppelmodulen zorgen voor de elektromechanische verbinding tussen buskabel en gebruikersmodule.
Bij eenvoudige systemen wordt er door de koppelmodule één buskabel doorgevoerd, maar vaak zijn er aftakkingen nodig zodat er ruimte is voor het doorvoeren van twee buskabels. Ook is er rekening gehouden met situaties waarbij een sensor of actuator een extra voedingsspanning vraagt. In dat geval verschijnt er naast de gele buskabel een zwarte kabel die de afwijkende spanning voert. Ook wordt nog de mogelijkheid geboden om de in een vroeger stadium ontwikkelde ronde en al dan niet afgeschermde buskabel, die nog steeds wordt toegepast, in een schroefmodule met PG-wartels op te nemen.

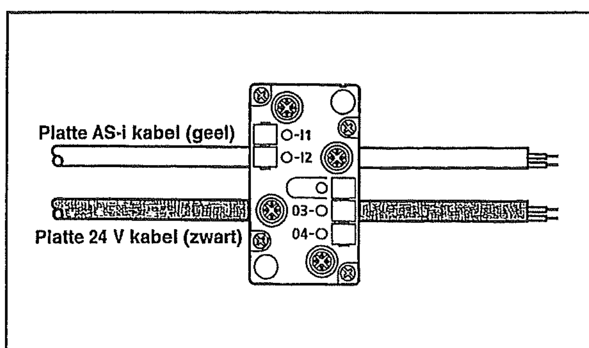
Gebruikersmodulen
De gebruikersmodulen zijn in allerlei varianten beschikbaar en kunnen het volgende bieden:
- Vier sensoraansluitingen.
- Vier actuatoraansluitingen, naar wens met externe extra spanningstoevoer via een M12-connector, zie figuur 6/10.17-8. Dit zijn modulen waarbij de externe spanning voor de actuatoren via een aan de zijkant aangebrachte M12 connector wordt toegevoerd. Deze technologie is reeds zeer vroeg binnen de ASi vereniging ontwikkeld en wordt intussen op grote schaal toegepast.
- Vier actuatoraansluitingen, naar wens met externe extra spanningstoevoer via de koppelmodule. Deze innovatieve variant gaat bij de montagevriendelijkheid nog een stap verder. Bij deze I/O-modulen met IP67 afdichting worden de apparaten eveneens met M12 connectoren aangesloten. De extra spanning wordt hierbij, volgens hetzelfde principe als het ASi signaal, via een zwarte bandkabel toegevoerd, zie figuur 6/10.17-9. Deze techniek vraagt om gedeelde koppelmodulen, maar is verder geheel mechanisch uitwisselbaar. Dat betekent dat nieuwe modulen passen op oude koppelmodulen en omgekeerd.
- Twee sensor- en twee actuatoraansluitingen, naar wens met externe extra spanningstoevoer via een M12 connector.
- Twee sensor- en twee actuatoraansluitingen, naar wens met externe extra spanningstoevoer via de koppelmodule.
- Vier aansluitingen volgens klantenspecificatie.
- Vier componenten met geïntegreerde ASi interface aansluiting die als ASi busverdeler werken.
- Een module met acht aansluitingen voor sensoren. Bij deze verdere ontwikkeling van de variant van figuur 6/10.17-9 wordt de klassieke viervoudige of achtvoudige sensorverdeler direct voorzien van twee bandkabel interfaces. Dit betekent een volgende stap op weg naar grotere integratiedichtheid, want hierop kunnen vier sensoren (I) en vier actuatoren (O) worden aangesloten, zie figuur 6/10.17-10. Deze zogenaamde “compactmodule”, is platter omdat de gescheiden koppelmodule geheel kan vervallen. Hierdoor ontstaan ook in kleinere installaties met een groot aantal sensoren nieuwe toe-

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi

passingsmogelijkheden voor ASi. De compactmodulen vormen de verbinding tussen de ASi meester (besturingseenheid) en de periferie (sensoren, actuatoren). Ze bevatten de ASi slaaf-ASIC, voeding voor de sensoren en galvanisch gescheiden uitgangstrappen. De digitale uitgangen zijn standaard voorzien van een Watchdog-functie die er voor zorgt dat bij het uitvallen van de meester-telegrammen de uitgangen afgeschakeld (logisch "L") worden.



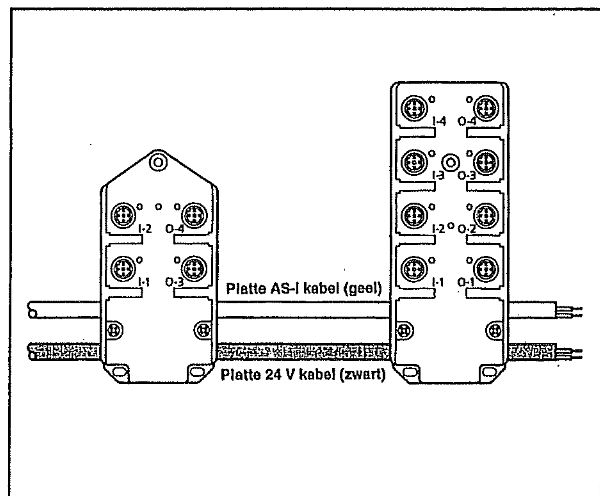
Figuur 6/10.17-8: Een klassieke Asi-module met zijdelingse toevoer van een 24 V voedingsspanning.



Figuur 6/10.17-9: Een Asi-module waarbij een extra voedingskabel wordt doorgelust in het systeem.

Koppelmodulen

Voor apparaten waarin het ASi protocol reeds is geïntegreerd staat een kleine aansluitklem ter beschikking, waarbij het contacteren weer gebeurt bij het samenschroeven van de klem door middel van doordringingstechniek. Om de opgestoken sensoren uit te kunnen richten, kan de voet 90 ° worden gedraaid waarbij een pijl het uitrichten van de sensoren aangeeft. Daarnaast is een voorgemonteerd kabeltje met aan de ene kant een connector en aan de andere kant een miniatuur koppelmodule beschikbaar die de ASi buskabel rechtstreeks verbindt met apparaten die van een ASi interface zijn voorzien. Deze beide producten zijn ontwikkeld door Hirschmann, zie figuur 6/10.17-11.

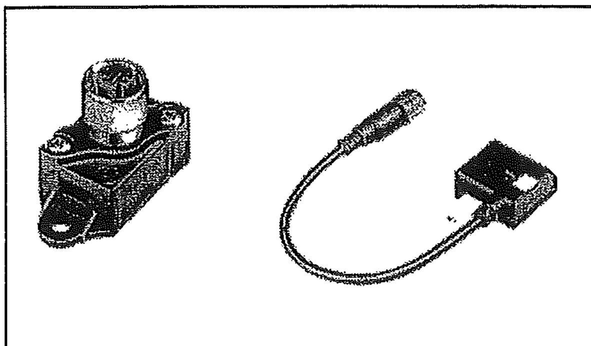


Figuur 6/10.17-10: Een Asi-module waarop vier sensoren en vier actuatoren kunnen worden aangesloten.

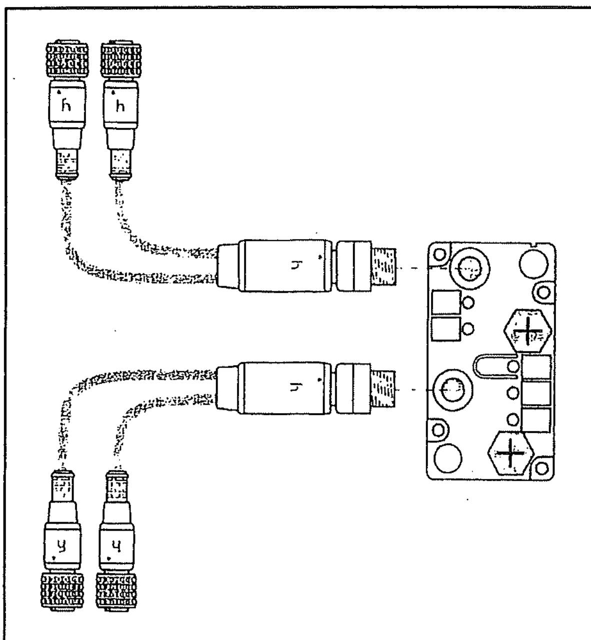
Duo-module

Als in een systeem sensoren zich dicht bij elkaar bevinden, kan een duo-gebruikersmodule worden toegepast. Hierbij worden twee signalen via één M12 connector gekoppeld zodat opnieuw het aantal aansluitkabels kan worden gereduceerd, zie figuur 6/10.17-12. Ook deze variant is afkomstig van Hirschmann.

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi



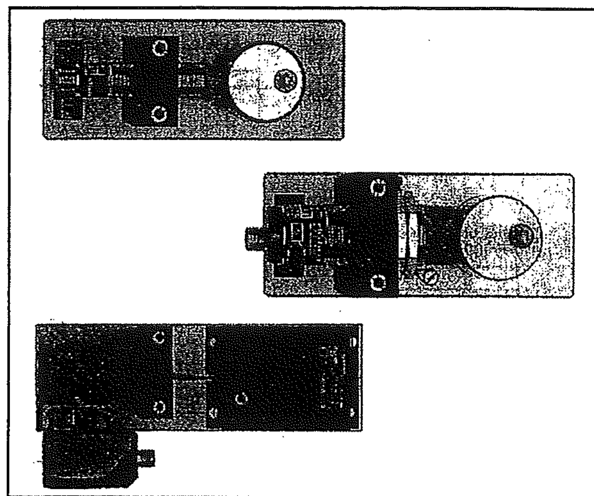
Figuur 6/10.17-11: Koppelmodulen van het fabrikaat Hirschmann.



Figuur 6/10.17-12: De duo-module van Hirschmann.

Een reeks nieuwe Asi-sensoren

Het concept van de ASi bus dwong fabrikanten van industriële sensoren nieuwe modellen op de markt te brengen, die voldoen aan de Asi-specificaties. Doordat de gebruikersmodulen zijn voorzien van een slaaf-IC kan de informatie van sensoren worden doorgegeven aan de meester. Het is echter ook mogelijk om het slaaf-IC te verplaatsen naar de sensoren zélf waardoor zogenaamde "intelligente sensoren" ontstaan die rechtstreeks op de ASi bus kunnen worden aangesloten. Het slaaf-IC kan in de meest uiteenlopende sensoren worden geïntegreerd, bijvoorbeeld in inductieve en capacitieve naderingsschakelaars, opto-elektronische sensoren of in doorstromingsbewakers. Hierdoor kan ook extra informatie vanuit de sensor aan de besturing worden doorgegeven.



Figuur 6/10.17-13: Drie Asi-sensoren met ingebouwde intelligentie.

Kenmerken van deze ASi sensoren zijn:
- Diagnose:
  - eenvoudig onderhoud;
  - herkennen van vervuiling/kritische toestanden;
  - uitvalinformatie verkort stilstandtijd;
  - snel herkennen van de storingsplaats;
  - functietest van de sensor;
- Instellen op afstand:
  - instellen en parametreren op afstand via de software;
  - geen omslachtig instellen op de plaats zelf;
  - comfortabel afregelen van het instelpunt;
  - onmiddellijke reactie op wisselende omgevingscondities.

- Flexibiliteit:
  - aansluiten en uitbreiden op elk gewenst punt van de interface;
- modulaire opbouw;
- verwisselen van standaard sensoren door intelligente sensoren zonder extra PLC-kaarten of dergelijke op elk moment mogelijk.

Als voorbeeld worden in figuur 6/10.17-13 een drietal van dergelijke nieuwe ASi sensoren voorgesteld.

Een ASi applicatie als voorbeeld

ASi Profiset

Om ervaring op te kunnen doen met ASi is door IFM Electronic de zogenaamde Ecocys ASi Profiset ontwikkeld. Deze ProfiSet bevat alle componenten voor het opzetten van een kleine, volledig werkende actuator/sensor-interface die voor scholing en bij beroepsopleidingen kan worden toegepast. Tevens kan ervaring worden opgedaan met het programmeren volgens de IEC 1131-3 norm, een programmeertaal die met name bij PLC's veel wordt toegepast. De Profiset bevat de volgende componenten:

- ASi besturingseenheid (meester);
- seriële interfacekabel;
- handboek;
- programmadiskette Ecolog ASi systeem;
- twee koppelmodulen;
- gebruikersmodule;
- lichtschakelmodule;
- inductieve sensor met geïntegreerde ASi aansluiting inclusief simulator;
- netvoedingsadapter 230 V naar 24 V;
- ASi buskabel;
- verbindingskabel M12/M12;
- ontkoppelmodule voor de gegevens.

De software

De software voor de ASi Profiset bestaat uit een demonstratieversie om alle besturingsfuncties aan te kunnen roepen. De software is naar keuze in het Duits of Engels beschikbaar en de functies hebben betrekking op:

- visualisatie;
- meesterfuncties;
- hulpmiddelen om een project op te zetten;
- het configureren van de slaafmodulen;
- adresseren en parametreren;
- opnemen van intelligente sensoren;
- programmeren volgens IEC 1131-3.

De software werkt op een PC onder Windows 3.1 of hoger, vraagt een werkgeheugen van tenminste 4 MB en slokt 5 MB vrije ruimte op de harde schijf op.

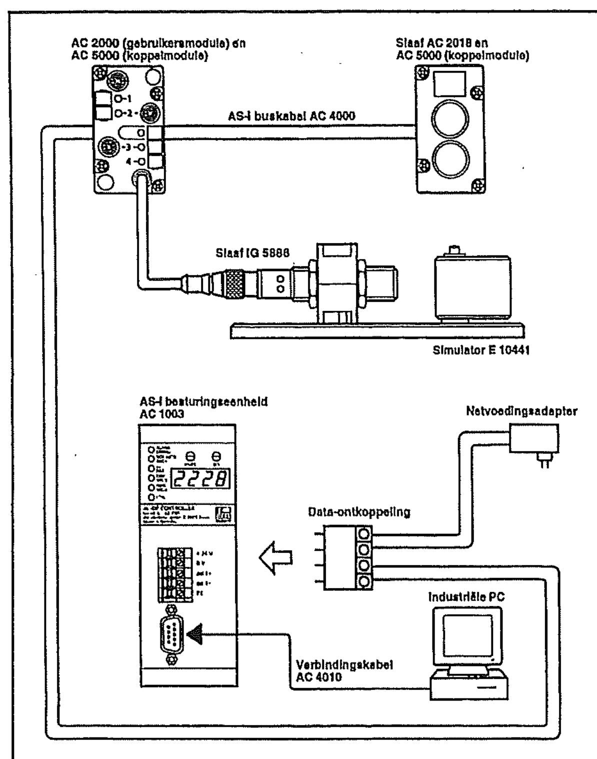
Een testopstelling

De ASi besturingseenheid met seriële interface, zoals deze in de Profiset aanwezig is, is vooral geschikt voor de gegevensregistratie van signalen uit de machine met een gangbare PC. Hiervoor is slechts een PC met seriële interface, de ASi besturingseenheid en bijbehorende software noodzakelijk. In figuur 6/10.17-14 is een testopstelling getekend. In deze configuratie bestaat bijvoorbeeld de mogelijkheid om bedrijfsgegevens te registreren, storingsmeldingen te protocolleren en de status van de installatie te visualiseren.

Vertegenwoordiging in Nederland

De genoemde fabrikant IFM Electronic wordt vertegenwoordigd door VEGA Industriële Automatisering, Postbus 210, 3800 AE Amersfoort, telefoon 033-450.25.02.

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi



Figuur 6/10.17-14: Een testopstelling met de Profiset van IFM Electronic.

Het ASi protocol

Inleiding

Uiteraard is er voor het in- en uitlezen van alle sensoren en actuatoren in een ASi systeem een protocol noodzakelijk. In deze paragraaf wordt dit ASi protocol in het kort beschreven.

Het slaafprofiel

Het slaafprofiel is een methode voor het identificeren van de gebruikersmodulen in een ASi systeem. De ASi standaard kent aan een slaaf twee identificatiecijfers toe die door een punt worden gescheiden, bijvoorbeeld (0.0). Dit noemt men het profiel van de slaaf.

- Eerste cijfer
  Dit is de zogenaamde I/O-code die uitsluitsel geeft over het soort I/O, namelijk invoer (I), uitvoer (O) of bidirectioneel (B). Bij deze vier bit code zijn de nummers zowel binair, hexadecimaal als decimaal weergegeven in figuur 6/10.17-15.
- Tweede cijfer
  Dit is de zogenaamde ID-code die dient voor verdere identificatie van modulen met gelijke I/O-code. Voor elke I/O-code zijn 15 ID-codes mogelijk, zie figuur 6/10.17-16. Zo zijn bijvoorbeeld modulen, die met uitzondering van de stroombelastbaarheid van de uitgangen identiek zijn, herkenbaar aan de ID-code.

Het zo gevormde profiel moet in het gegevensblad van de ASi sensor worden aangegeven. Als een slaaf geen profiel (F_{hex}) heeft, betekent dit dat het installeren in bestaande installaties moet worden getest. Een decentrale periferiemodule heeft 0_{hex} als ID-code en gedefinieerde intelligente sensoren of actuatoren hebben de code 1_{hex}.

Gegevens- en parameter-bits

De I/O-configuratie wordt aangevuld met de gedefinieerde inhoud van de gegevens- en eventueel parameterbits.

Registratie via de ASi vereniging

De inhoud van de profielen wordt door de ASi vereniging vastgelegd. Zo is bijvoorbeeld S1.1 het standaard sensorprofiel. Voor een sensor die een analoge waarde levert, is het profiel S7.1. De actuele profielen zijn ook in de systeemhandboeken van de fabrikanten opgenomen.
Belangrijk is dat bij het vastleggen van de informatie geen beperkingen worden opgelegd ten aanzien van de werking van de sensoren en actuatoren.

10.17 De Actuator Sensor Interface AS

Binair	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Hexadecimaal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Decimaal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Toegewezen	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-
D0	I	I	I	I	I	I	I	B	O	O	O	O	O	O	O	-
D1	I	I	I	I	I	O	B	B	O	O	O	O	O	I	B	-
D2	I	I	I	O	B	O	B	B	O	O	O	I	B	I	B	-
D3	I	O	B	O	B	O	B	B	O	I	B	I	B	I	B	-

Figuur 6/10.17-15: De I/O-code die als eerste cijfer in het profiel van gebruikersmodulen wordt opgenomen.

HEX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Toegewezen	*	*													*

Figuur 6/10.17-16: De ID-code die als tweede cijfer in het profiel van gebruikersmodulen wordt opgenomen.

Zo is het op elk moment mogelijk om een inductieve naderingsschakelaar te vervangen door een opto-elektronische uitvoering.
De ASi certificatie waarborgt tevens de universele uitwisselbaarheid van slaven van verschillende fabrikanten. Afwijkende profielen worden door de meester herkend en als fout geregistreerd. Daardoor wordt gewaarborgd dat de slaven van verschillende fabrikanten, maar met een identiek profiel, zich gelijk gedragen in het netwerk.

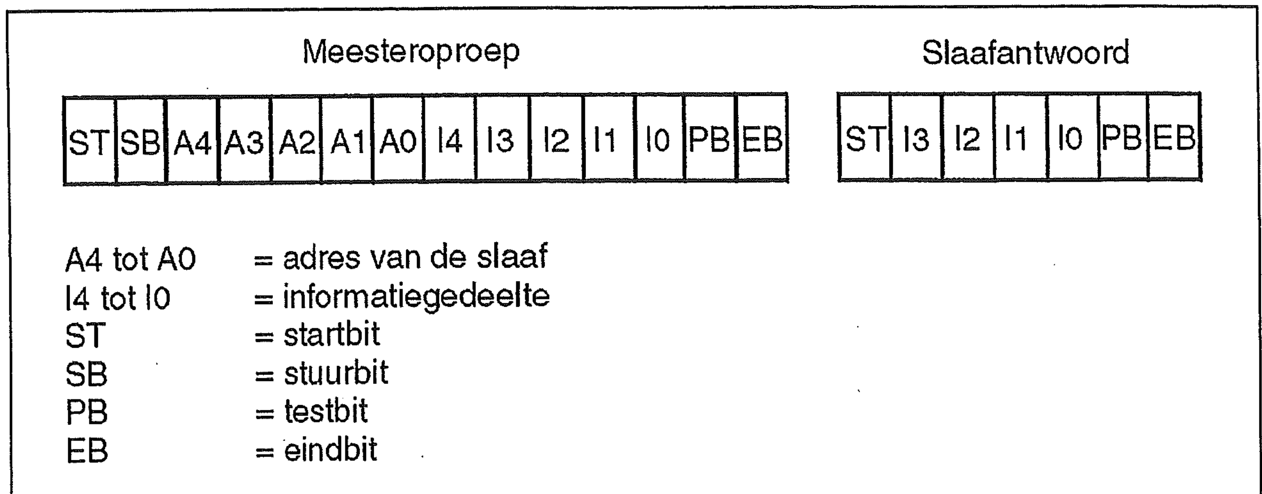
Registratie in EPROM

Zowel de configuratie- als de ID-code worden door de fabrikant vast in een EPROM-geheugen in de slaaf opgeslagen. Voor beide staan vier bits ter beschikking. In de initialiseringsfase zijn ze door de meester oproepbaar.

Het gegevensprotocol

Door de ASi meester wordt de ASi communicatie permanent bewaakt en bestuurd. Tegelijkertijd wordt de digitale informatie van de actuatoren en sensoren via een interface aan de besturing (PLC, PC, draagbare PC) beschikbaar gesteld. De gegevensoverdracht is vast gedefinieerd onder de vorm van telegrammen, zie figuur 6/10.17-17. De ASi meester roept een slaaf aan via de vijf adres-bits A_0 tot en met A_4 van de slaaf. In hetzelfde telegram worden met de bits I_0 tot en met I_4 informatie aan de slaaf medegedeeld, bijvoorbeeld een opdracht om gegevens terug te zenden.
De vier overige bits van het meester-telegram worden gebruikt om de communicatie te testen. De slaaf antwoord met een telegram van 7 bit, waarin vier informatiebits zitten.

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi



Figuur 6/10.17-17: De telegrammen die de master en de slave versturen.

Het bericht van de meester omvat dus 14 bits en de slaven antwoorden met 7 bits. Het informatiegedeelte van het bericht bevat de gegevens die moeten worden overgedragen. Normaal is dat beperkt tot 4 bits. Alleen indien de meester een adres moet overdragen, bijvoorbeeld voor de adreswijziging van een slaaf, zijn er 5 bits in het spel. Het start- en stopbit bepalen het begin en het einde van het bericht. Met het stuurbit wordt de aard van de informatie bepaald, bijvoorbeeld data of een parameterwaarde. Met het pariteitsbit is een eerste controle op de juistheid van het bericht mogelijk. De tijdsduur van een bit bedraagt 6 µs en de transmissiefrequentie is 167 kHz.

Vier bit data-overdracht

Een en ander betekent dat de échte data-overdracht in pakketjes van slechts vier bits gebeurt. Er wordt natuurlijk analoge informatie van de sensoren verzonden. Hierbij wordt het analoge signaal eerst omgezet in een digitaal signaal dat vervolgens over de ASi bus wordt getransporteerd. Er is dus een vorm van multiplexen nodig wanneer de AD-omzetter in de sensor een 8 of 16 bit uitgangssignaal levert. Voor het terugzenden van een analoog signaal is het omgekeerde nodig, namelijk een DA-omzetter.

De meester ondervraagt het gehele systeem

Bij ASi wordt maar één meester per systeem toegepast. Deze meester ondervraagt cyclisch alle deelnemers. De plaats van de meester in de ASi structuur is onbelangrijk, want elke deelnemer beschikt immers over een individueel adres. Dit adres is in elke slaaf in een niet-vluchtig EEPROM opgeslagen. Het enkelmeestersysteem garandeert gelijkblijvende, gedefinieerde cyclustijden. Deze zijn afhankelijk van het aantal deelnemers en bedragen bij maximale bezetting 5 ms. De 4 bit brede gegevens worden cyclisch geactualiseerd.
Dit betekent dat na 5 ms alle sensoren zijn ondervraagd en alle actuatoren zijn aangestuurd.

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi

De ASi meester

Diverse soorten
Op dit moment bestaan er verschillende uitvoeringen van de ASi meester. De ASi insteekkaart voor de PC biedt de volledige functionaliteit van de PC (visualisatie, procesbesturing, gegevensverzameling) in combinatie met de ASi interface. Het programmeren kan door de gebruiker in een hogere programmeertaal plaatsvinden waarbij speciale ASi drivers aan het programma worden toegevoegd die voor communicatie met de meesterkaart zorgen. Als verbinding naar het gebruikerssysteem kan ook een gestandaardiseerde seriële interface dienen. Deze is universeel toepasbaar omdat tegenwoordig bijna alle PLC's, PC's, draagbare PC's enzovoort deze seriële interface kunnen ondersteunen. Er zijn diverse hulpmiddelen voor het programmeren van deze interface zodat koppeling aan ASi heel eenvoudig mogelijk is.

De toestanden van de meester
De meester kent twee bedrijfstoestanden, namelijk aanloopbedrijf en normaalbedrijf. Elke bedrijfstoestand kent meerdere fasen die hieronder kort worden toegelicht.

Aanloopbedrijf
In deze fase zal de Asi meester het volledige systeem initialiseren en activeren. Deze aanloop kent drie fasen:
- Initialiseringsfase:
  Na het inschakelen van de spanning vind basisinitialisatie van de meester plaats. Alle ingangen worden laag en alle uitgangen intern hoog gemaakt. Er wordt tevens getest of de ASi voedingsspanning aanwezig is.
- Herkenningsfase:
  De meester zoekt naar alle op het systeem aangesloten slaven (adressen 0 tot 31) en voert deze op in een lijst van alle herkende slaven.
- Activeringsfase:
  De herkende slaven worden geactiveerd. Hierbij wordt naar elke slaaf een parameteroproep gestuurd.

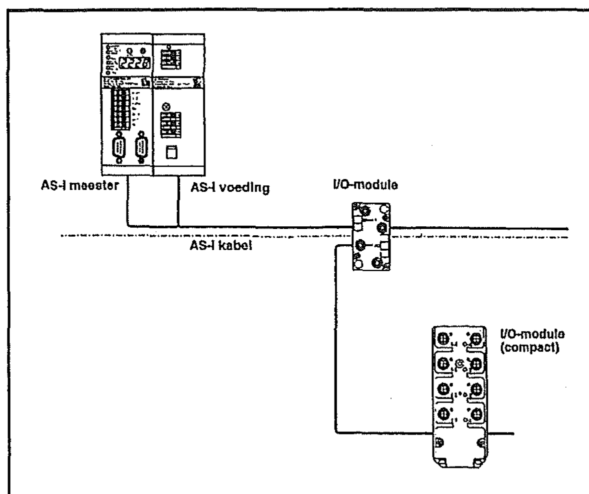
Normaal bedrijf
Ook in het normale bedrijf van het systeem kan men drie fasen onderscheiden:
- Gegevensuitwisselingsfase:
  De meester zal de slaven cyclisch aanspreken, doorgeven/overnemen van de 4 bit brede gegevens.
- Beheersfase:
  De beheersfase wordt eenmaal per ondervragingscyclus uitgevoerd en heeft als doel om de acyclische instructies uit te voeren, bijvoorbeeld het oproepen van parameters of het wijzigen van adressen.
- Opneemfase:
  Deze fase dient voor het herkennen van de bijgeplaatste slaven.

De ASi basisstructuur

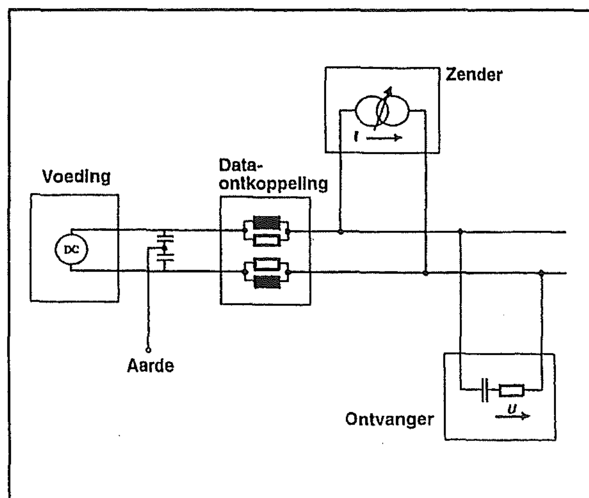
Inleiding
De basisstructuur van een ASi netwerk is voorgesteld in figuur 6/10.17-18. De ASi meester en de ASi voeding zijn parallel op de veldkabel aangesloten. Ook de ASi I/O-modulen zijn hier parallel mee verbonden. De totale lengte van de ASi kabel mag niet meer bedragen dan 100 meter per streng. De ASi meester verzorgt geheel zelfstandig de gegevensuitwisseling met de I/O-modulen en kan zelf weer als slaaf zijn opgenomen in een hiërarchisch hoger veldbussysteem. Ook kan de mees-

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi

ter zijn voorzien van ingebouwde PLC functies en daarmee als zelfstandige besturing werken, of deel uitmaken van een besturingssysteem met gedistribueerde intelligentie.



Figuur 6/10.17-18: Een minimale ASi configuratie.



Figuur 6/10.17-19: Het aansluiten van de speciale ASi voeding op de ASi kabel.

De ASi voeding

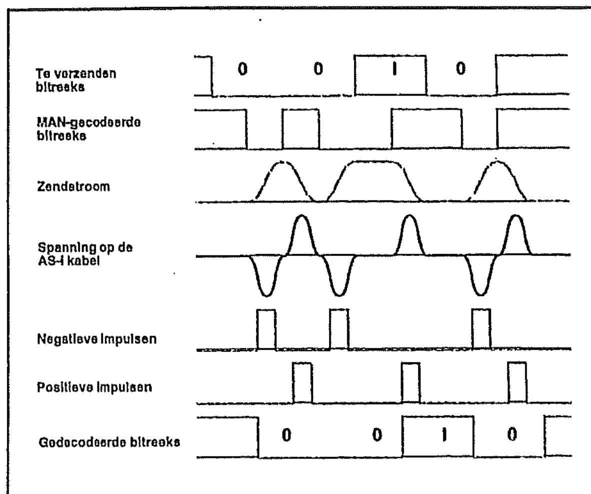
Een ASi systeem heeft een speciale voeding nodig die is voorzien van een data-ontkoppelnetwerk, zie figuur 6/10.17-19. Omdat de voeding een lage inwendige weerstand heeft, voorkomt dit netwerk dat de datasignalen worden kortgesloten. De data-ontkoppeling tussen voeding en kabel speelt een essentiële rol bij het ontstaan van de datasignalen. Wanneer de zender (dit is afwisselend de meester of een slaaf) een "L" op de lijn wil zetten, onttrekt de zender een stroom van circa 60 mA aan de voeding. Hierdoor ontstaat een spanningsval van circa 3 V over de ontkoppelingsimpedanties, waardoor de klemspanning van de voeding lager wordt. Door de zelfinducties ontstaat bij het weer onderbreken van de stroom een spanningsverhoging op de voedingsklemmen. Deze spanningsveranderingen worden door de ontvanger(s) opgemerkt en verwerkt als informatie.
De spanningsveranderingen hebben de vorm van sin^2-impulsen en bevatten weinig hogere harmonischen.

ASi op signaalniveau

Het zal duidelijk zijn dat een industrieel systeem in hoge mate ongevoelig moet zijn voor EMC-storingen die in industriële omgevingen gemakkelijk ontstaan. De ASi interface is zo goed bestand tegen EMC-invloeden dat ook in omgevingen met een hoog storingsniveau geen afgeschermde kabel nodig is. Het datasignaal dat bestaat uit een opeenvolging van digitale nullen en enen wordt door de zogenaamde Manchester-II codering bewerkt. Op die manier ontstaat in het midden van elke bitperiode een flank, namelijk een negatieve flank voor een "L" en een positieve flank voor een "H", zie figuur 6/10.17-20. Door deze manier van coderen ontstaan er veel signaalwisselingen waardoor een goede synchronisatie tussen zender en ontvanger mogelijk is.
Er is al opgemerkt hoe uit de stroomverandering bij het zenden de spanningsim-

10.17 De Actuator Sensor Interface AS

pulsen op de lijn ontstaan. Via deze APM (alternating pulse modulation) wordt de informatie in feite overgedragen aan de ontvanger waar deze weer wordt gecodeerd naar het oorspronkelijke signaal. Dit signaal is dan met 1 bitperiode vertraging beschikbaar.



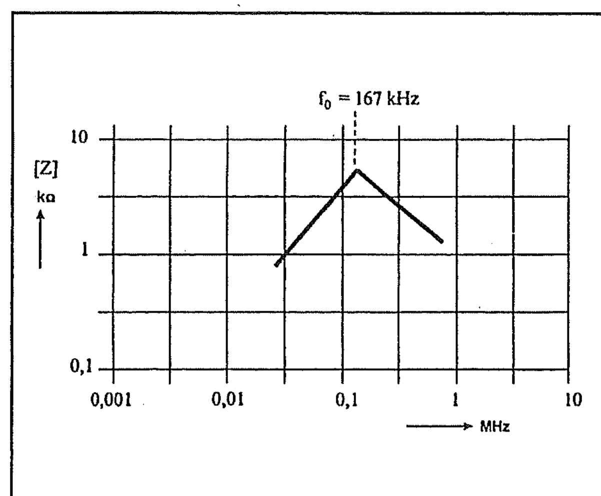
Figuur 6/10.17-20: De elektronische gegevensoverdracht binnen het ASi systeem.

Ontstoring

Het zal duidelijk zijn dat het ASi systeem niet alleen ongevoelig moet zijn voor storingen, maar dat het anderzijds ook geen storingen mag genereren. Aan deze eis wordt volledig voldaan. De reden hiervoor is de vorm van het datasignaal die ontstaat door de stroomveranderingen in de impedanties van het data-ontkoppelingsnetwerk. Door het voornamelijk inductieve karakter van dit netwerk ontstaan spanningsveranderingen met een $\sin^2$-vorm die nagenoeg geen hogere harmonischen bevatten. Verder geeft de signaalamplitude van 3 V tot 3,75 V top-tot-top op een gelijkspanningsniveau van circa 30 V geen aanleiding tot paracitaire koppeling naar andere systemen.

Maatregelen tegen storingen

In de ASi norm is een aantal maatregelen ingebouwd, die het systeem moeten beschermen tegen storingen die van buiten komen. In de eerste plaats komen de ontvangen signalen via een bandfilter binnen. Het filter laat de transmissiefrequentie van 167 kHz optimaal door en verzwakt alle hogere en lagere frequenties, zie figuur 6/10.17-21.



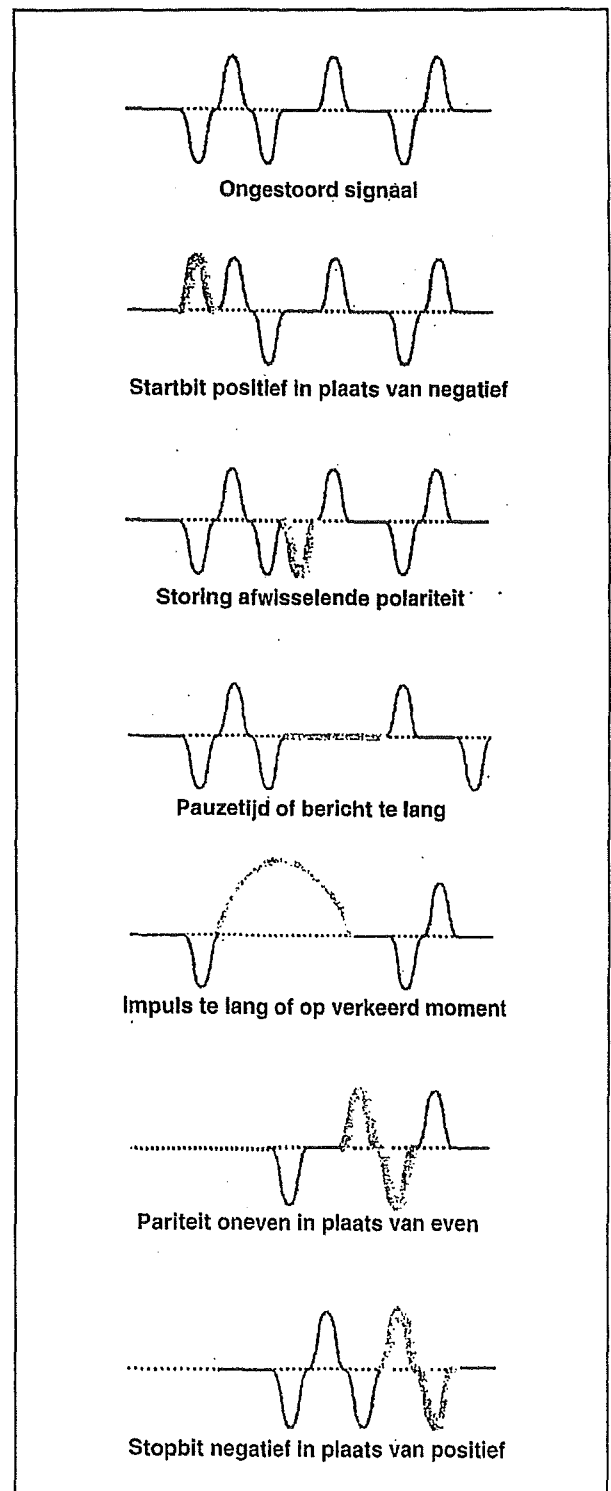
Figuur 6/10.17-21: De doorlaatband van het bandfilter.

Een groot deel van het storingsspectrum wordt hierdoor op zijn minst sterk gereduceerd. Vervolgens wordt een aantal controles op het binnenkomende bericht uitgevoerd die betrekking hebben op eventuele afwijkingen van de impulsreeks waaruit het bericht ontstaat, zie figuur 6/10.17-22. De eerste impuls, het startbit, moet negatief zijn gericht. Wanneer er een bitreeks binnenkomt waarbij de eerste impuls positief is gericht, dan is dit met zekerheid geen legitiem bericht of wordt het bericht voorafgegaan door een stoorimpuls. Het bericht wordt dan ook niet

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi

verder verwerkt. Dit is ook het geval wanneer er tijdens een bericht twee impulsen met dezelfde polariteit binnenkomen. Dit is strijdig met de regelmatige afwisseling van polariteiten die normaal plaatsvindt en zal dan ook zijn veroorzaakt door een stoorimpuls. Verder wordt tijdens een binnenkomend bericht getest op de juiste lengte van het bericht, een te lange impulsduur of een te lange pauzetijd. Tenslotte wordt er een pariteitscontrole uitgevoerd en bepaald of het laatst bit, het stopbit, positief is gericht.
Indien bij de ontvangst van een bericht blijkt dat niet aan alle voorwaarden voor correcte informatie-overdracht is voldaan, wordt meteen gevraagd om herhaling van het bericht. Mocht dat ook gestoord binnenkomen, dan wordt doorgegaan met het aanroepen van de volgende slaaf.
In de hierop volgende cyclus wordt opnieuw getracht een bericht uit te wisselen. Eventueel wordt dit nogmaals herhaald in de daaropvolgende cyclus. Lukt dit nog niet dan wordt aangenomen dat communicatie met deze slaaf niet meer mogelijk is. Dit wordt gemeld als een configuratiestoring terwijl de communicatie met de andere slaven gewoon gehandhaafd blijft.

ASi sensoren en actuatoren
De verschillen tussen de diverse producten voor de ASi bus worden voornamelijk bepaald door het softwarepakket dat gebruikt wordt voor het programmeren van het systeem. Als men zuiver kijkt naar de ASi componenten, (sensoren, actuatoren, ASi slaves, bekabeling, etc) dan maakt het niet zoveel uit voor welk fabrikaat wordt gekozen. Een ASi sensor van merk X is zonder meer te vervangen door een sensor van merk Y, mits het profielnummer identiek is.



Figuur 6/10.17-22: Een overzicht van foutieve bitvolgorden die door het controlesysteem worden onder-schept.

10.17 De Actuator Sensor Interface ASi

De keuze tussen de verschillende aanbieders van ASi componenten zal dan ook voornamelijk worden bepaald door het type PLC dat wordt gebruikt, omdat de ASi bus een geïntegreerd onderdeel is van een PLC.

Literatuur

Voor docenten en ontwikkelaars die zich willen verdiepen in de ASi bus is op dit moment een uitgebreid en grondig Duitstalig boek te bestellen:

– Aktuator-Sensor-Interface Systeme Guter Zeyr, ISBN 3772345328, Franzis-Verlag

6/10.18

Connectoren voor hometheater apparatuur

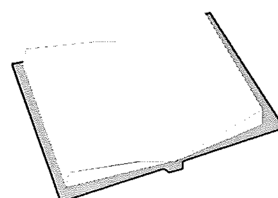
Inleiding

Steeds hogere eisen
De steeds hogere bandbreedtes die gebruikt worden bij het weergeven van video en audio stellen steeds hogere eisen aan de connectoren en kabels waarmee u de signalen van het ene naar het andere apparaat transporteert. In het analoge tijdperk had een videosignaal een bandbreedte van 5,5 MHz en een audiosignaal een bandbreedte van 20 kHz. High Definition TV in optimale beeldkwaliteit met een resolutie van 1.920 bij 1.080 pixels vergt een bandbreedte van niet minder dan 35 Mb/s! Het zal duidelijk zijn dat uw ouderwetse simpele afgeschermde kabeltjes met cinch-connectoren niet meer bruikbaar zijn voor het transporteren van dergelijke hoeveelheden gegevens.
In de voorbije jaren is er dan ook een aantal alternatieven ontwikkeld voor het transport van audio en video tussen hometheater apparatuur, die wij in dit hoofdstuk voorstellen.
Maar eerst gaan we wat algemene eigenschappen van goede kabels bespreken.

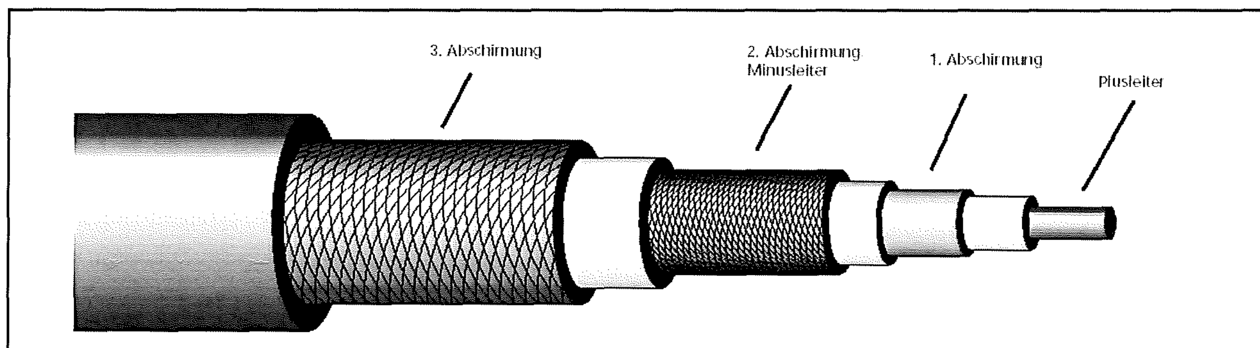
Impedantie
De impedantie is een van de belangrijkste eigenschappen van audio- en videokabels. Daar bestaat een eenvoudige standaardisatie voor: videokabels hebben een impedantie van 75 Ω, audiokabels hebben een impedantie van 50 Ω. Dat lijkt eenvoudig, maar toch zou u kunnen vaststellen dat er heel wat kabels worden aangeboden die niet eens voldoen aan deze allerbelangrijkste standaardisatie. Het niet naleven van deze regel heeft tot gevolg dat er signaalverlies in het hoog optreedt en dat er signaalreflecties kunnen ontstaan die in het ergste geval spookbeelden veroorzaken.

Diëlektricum
Onder diëlektricum wordt de isolatie tussen de middelste geleider en de buitenste afscherming verstaan. Goedkope kabels gebruiken PVC, maar dit is een materiaal dat helemaal niet in signaalkabels gebruikt zou mogen worden.

LEES OOK:
Hoofdstuk 6/10.1
Hoofdstuk 6/10.2



10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur



Figuur 6/10.18-1: De samenstelling van een drievoudig afgeschermde kabel.

De diëlektrische eigenschappen zijn heel slecht en er treedt alweer signaalverlies in het hoog op. Goede diëlektrische isolatoren, zoals teflon en polyurethaan, hebben echter veel materiaal tussen de centrale ader en de afscherming nodig om aan de impedantievoorwaarde te voldoen. Goede audio- en videokabels vallen dan ook onmiddellijk op door hun diameter: kabels die minder dan 5 mm dik zijn kunt u beter niet gebruiken.

Signaalvoerende aders

De signaalvoerende ader is gemaakt van verzilverd OFC-koper. OFC staat voor "Oxide Free Copper" en is koper dat zeer zuiver is en niet kan oxideren. De zilverlaag is noodzakelijk vanwege het skin-effect. Signalen met hoge frequenties vloeien voornamelijk door de buitenste dunne schil van een geleider, door het midden van de geleider vloeit nauwelijks stroom. Het is dus belangrijk de oppervlakteweerstand van de ader zo klein mogelijk te maken. Verzilvering helpt de weerstand van de buitenste schil van de geleider te verlagen en ook op lange termijn laag te houden.

Drievoudige afscherming

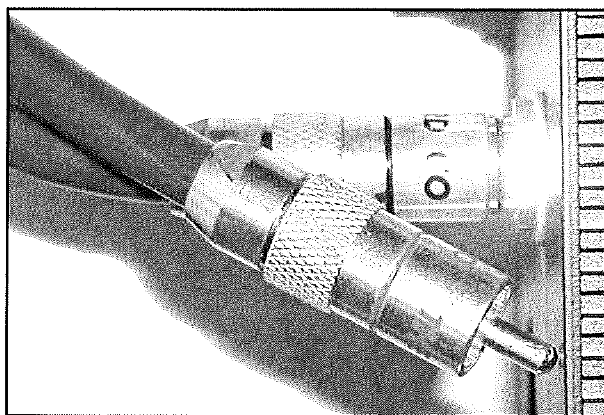
De afscherming van een goede kabel is drievoudig uitgevoerd, zie figuur 6/10.18-1. Dit lijkt teveel van het goede, maar is het absoluut niet. Minstens één van de afschermingen bestaat uit aluminium folie, de overige(n) uit geweven koperdraad, eventueel verzilverd. De middelste van de drie afschermingen wordt gebruikt als retourleiding van het signaal en is dus links en rechts aangesloten op de massa van de elektronica van de apparatuur. De twee overige afschermingen worden gebruikt om de kabel aan weerszijden met het chassis van de apparaten te verbinden. Eén afscherming ligt aan de behuizing van de linker connector, de tweede aan de behuizing van de rechter connector. De behuizingen van de connectoren zijn dus elektrisch niet met elkaar verbonden, waardoor er geen massalussen via de geaarde chassis kunnen ontstaan. Bovendien wordt bij dit systeem een absolute scheiding gemaakt tussen afschermende functie en signaalretour functie van de afscherming.

Volledig metalen connectoren

Goedkope connectoren hebben een behuizing van een of ander kunststof. Dergelijke connectoren zijn absoluut uit den boze! Een goede dure kabel moet aan weerszijden afgesloten worden met goede dure connectoren, anders kunt u net zo goed de goedkoopste kabels ge-

10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur

bruiken. Dat betekent dat de behuizing van de connector volledig van metaal moet zijn, metaal dat met een van de drie afschermingen van de kabel wordt verbonden. Alleen op deze manier kunt u er zeker van zijn dat de combinatie kabel plus twee connectoren geen stoorsignalen kan oppikken, maar ook geen stoorsignalen kan uitstralen. In figuur 6/10.18-2 is als voorbeeld zo'n volledig metalen connector voorgesteld, in dit geval een eenvoudige cinch. U ziet hoe de metalen behuizing van de connector wordt gebruikt om de dikke kabel in de connector te klemmen. In de meeste gevallen zorgt deze klemborging ook voor het contact tussen de metalen behuizing en de buitenste afscherming. Op deze manier is er werkelijk geen vierkante millimeter te ontdekken die niet volledig is afgeschermd. Klasse!



Figuur 6/10.18-2: Een voorbeeld van een goede volledig metalen connector.

Contactpennen
Het moet welhaast niet extra worden vermeld dat alle contactpennen van goede connectoren minstens verzilverd en nog beter verguld moeten zijn. De overgangsweerstand van gecorrodeerde contactpennen van een niet edel metaal zijn een belangrijke storingsbron in de verbindingen tussen twee apparaten.

Conclusie
Het zal duidelijk zijn dat de combinatie van een kabel plus connectoren, die aan de genoemde eisen voldoet, niet goedkoop is. Om u een voorbeeld te geven: de in figuur 6/10.18-2 voorgestelde drievoudig afgeschermde stereo audiokabel met een lengte van tien meter en met twee vergulde cinch-connectoren kost bij Conrad Electronic een sappige € 125,00!

Video kabels

Inleiding
Voor het transport van een videosignaal tussen twee apparaten staan zes systemen ter beschikking. In oplopende kwaliteit zijn dat:
- Composite Video (FBAS);
- S-Video (Y/C):
- RGB (SCART);
- Component Video (YUV);
- DVI;
- HDMI.

Noteer dat een aantal van deze standaarden ook audiosignalen transporteert.

Composite Video (FBAS)
Bij dit systeem worden alle signalen die een videobeeld componeren samengevoegd tot één analoog signaal. FBAS is het letterwoord van "Farb-Bild-Austast-Synchron" en hieruit blijkt overduidelijk dat dit signaal inderdaad alle componenten van een videosignaal bevat. Composite Video is dus een analoog systeem en de bandbreedte van de te transporteren signalen bedraagt slechts 5,5 MHz. Composite Video is in feite een volledig

10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur

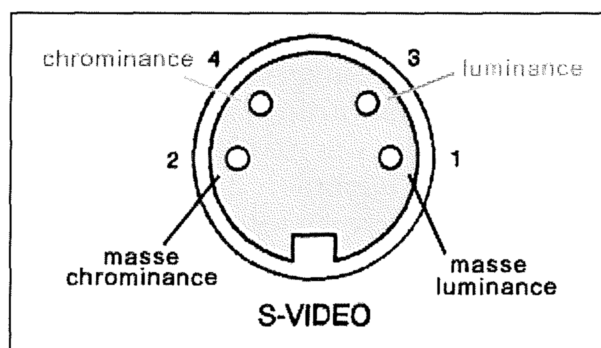
verouderd systeem, maar iedere moderne TV of beeldscherm heeft toch nog zo'n ingang. Er wordt gebruik gemaakt van cinch connectoren, die een gele kleur hebben. In figuur 6/10.18-3 is een typisch hoogwaardige Composite Video kabel afgebeeld. Gebruik nooit ofte nimmer een goedkoop audiokabeltje voor het transporteren van FBAS! De toch al slechte kwaliteit van deze standaard wordt er alleen maar slechter door.



Figuur 6/10.18-3: Een typisch afgeschermde kabel voor het verbinden van twee FBAS chassisdelen.

S-Video (Y/C)

Met de term Y/C wordt bedoeld dat de helderheid- en kleursignalen gescheiden worden verzonden. Deze standaard biedt, ten opzichte van Composite Video, een honderdprocentige verbetering van de kwaliteit. De twee signalen worden via twee afgeschermde aders in de kabel getransporteerd en kunnen elkaar niet storen. Het gevolg is een betere kleurscheiding en minder moiré-effecten. Het enige nadeel is dat de connectoren vier heel dunne pennetjes hebben en u de connector zeer voorzichtig in het chassisdeel moet pluggen. In figuur 6/10.18-4 zijn de aansluitingen aan een S-Video connector voorgesteld. De twee signalen hebben hun eigen afscherming, daarnaast bezit een S-Video kabel uiteraard ook nog een algemene afscherming, die met de metalen delen van de connectoren wordt verbonden. In figuur 6/10.18-5 is een goede S-Video kabel voorgesteld.



Figuur 6/10.18-4: De aansluitcodering van de vier pennen van een S-Video connector.



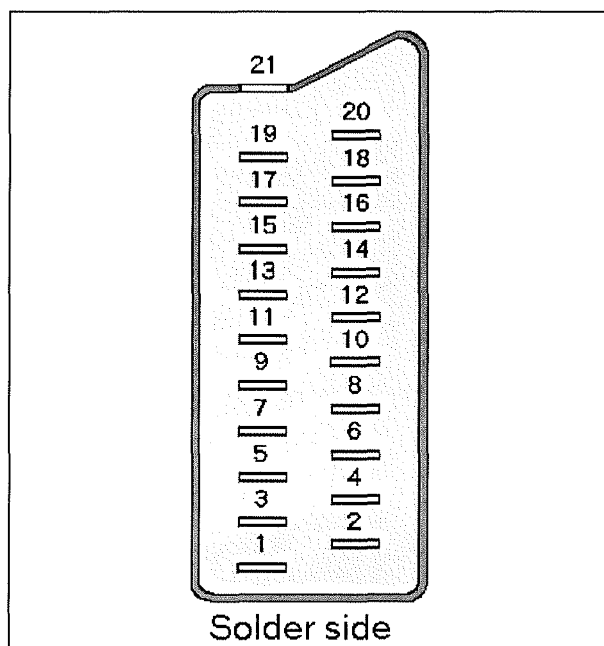
Figuur 6/10.18-5: Een goede S-Video kabel.

RGB (SCART)

"RGB" staat voor "Rood, Groen, Blauw". Het is het op één na beste systeem voor analoog transport van videosignalen. Bij SCART staan 21 pennen ter beschikking voor het gescheiden transporteren van

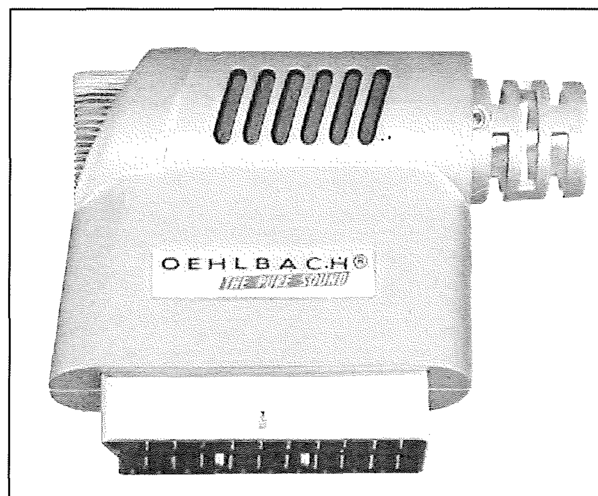
10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur

alle onderdelen van een videosignaal. Groot voordeel van het SCART-systeem is dat de kabel ook de audiosignalen kan transporteren. SCART is dé Europese standaard geworden voor het transport van analoge video- en audiosignalen. Iedere TV, recorder, projector en player heeft dan ook minstens één SCART-connector. In figuur 6/10.18-6 is de nummering van de in totaal 21 signaalpennen weergegeven. De tabel van figuur 6/10.18-7 geeft de functie van alle pennen.



Figuur 6/10.18-6: De nummering van de signaalpennen in een SCART-connector.

Ook op het gebied van SCART-kabels bestaat er een groot verschil in kwaliteit. Goedkope kabels hebben een kunststof behuizing, waardoor er een "lek" ontstaat in de afscherming. In figuur 6/10.18-8 is de enige écht goede SCART-connector weergegeven. De connector is volledig van metaal, zodat er geen signalen kunnen weglekken of instrooien. Let er ook op of de kabel "volledig geconfectioneerd" is. Vaak zijn in goedkope kabels niet alle pennen aangesloten, waardoor de kabel niet voor alle toepassingen is geschikt. Volledig geconfectioneerde kabels verbinden alle 21 pennen van de ene connector met alle 21 pennen van de andere connector.



Figuur 6/10.18-8: Een goede SCART-kabel heeft volledig metalen connectoren.

Component Video (YUV)

Bij dit systeem wordt het kleursignaal gesplitst in drie componenten:

- Y:
  bevat de helderheidsinformatie
- U:
  voert het rood-differentie signaal
- V:
  voert het blauw-differentie signaal

Uit de twee differentiële signalen kan men, door additieve en substractieve menging, de drie basiskleuren rood, groen en blauw afleiden. Het is dus een misverstand als u dacht dat de drie kabels van dit systeem de drie basiskleuren transporteren! Het voordeel van deze werkwijze is dat het aansluit op de manier waarop DVD omgaat met kleur.

10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur

Pin	Signal	Level	Impedance
1	Audio Out Right	0.5 V rms	<1k ohm
2	Audio In Right	0.5 V rms	>10k ohm
3	Audio Out Left + Mono	0.5 V rms	<1k ohm
4	Ground Audio		
5	RGB Ground Blue		
6	Audio In Left + Mono	0.5 V rms	<10k ohm
7	RGB Blue In	0.7 V	75 ohm
8	Audio/RGB switch / 16:9	High (9.5-12V) AVmode Low (0-2V) TVmode	<10kohm
9	RGB Ground Green		
10	Comms Data 2		
11	RGB Green In	0.7 V	75 ohm
12	Comms Data 1		
13	RGB Ground Red		
14	Ground Data		
15	RGB Red In / Chrominance	0.7 V (Chrom.: 0.3 V burst)	75 ohm
16	Blanking Signal	High (1-3V) RGB Low (0-0.4V) Composite	75 ohm
17	Ground Composite Video		
18	Ground Blanking Signal		
19	Composite Video Out	1V including sync	75 ohm
20	Composite Video In	1V including sync	75 ohm
21	Ground/Shield (Chassis)		

Figuur 6/10.18-7: De functie van de 21 pennen van een SCART-connector.

De kleursignalen van DVD moeten dus niet eerst omgezet worden in RGB, maar kunnen in hun "natieve" vorm van het ene naar het andere apparaat worden getransporteerd. Alle moderne DVD-spelers hebben dan ook een Component Video uitgang. In figuur 6/10.18-9 is een goede YUV-kabel voorgesteld. De drie connectoren hebben rode, groene en blauwe banden, waardoor het reeds vermelde misverstand uiteraard in de hand wordt gewerkt.

Component Video is het beste systeem voor het transport van analoge video. Als u een DVD-speler met een grootbeeld monitor of een projector moet verbinden en beide apparaten hebben YUV-connectoren, dan moet u zonder meer van dit systeem gebruik maken. U wordt beloond met schitterende analoge video!



Figuur 6/10.18-9: Een YUV-kabel met drie afzonderlijk afgeschermde kabels.

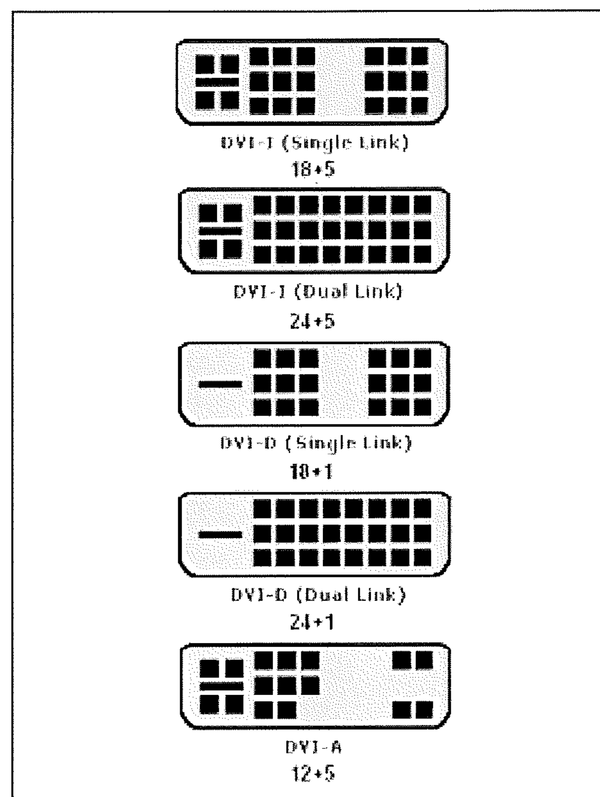
10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur

DVI

DVI is het letterwoord van "Digital Visual Interface". Het is een internationaal gestandaardiseerd systeem voor het transport van digitale video. Uiteraard betekent dit een immense verbetering ten opzichte van zelfs de beste analoge systemen. De digitale datastroom kan zonder enig kwaliteitsverlies over grote afstanden worden getransporteerd. Afstanden van twintig meter tussen een videobron en een videoweergever (plasmascherm of projector) zijn zonder probleem te overbruggen. De digitale datastroom kan rechtstreeks worden aangeboden aan de verwerkende elektronica, zoals MPEG-decoders. Het introduceren van deze norm heeft dus ook een vereenvoudiging in de noodzakelijke elektronica tot gevolg. Van oorsprong stamt DVI uit de computerwereld, maar bij de introductie van de breedbandige DVD en HDTV is deze norm met plezier door de consumentenelektronica industrie omarmd.

Hoewel DVI gestandaardiseerd is, kunt u diverse connectoren aantreffen. Dat heeft te maken met het feit dat DVI "Single-Link" en "Dual-Link" ondersteunt. Daarnaast zijn er ook subnormen die, behalve de digitale signalen, ook nog eens analoge signalen kunnen transporteren. In figuur 6/10.18-10 is een overzicht gegeven van de vijf DVI-connectoren die u in de praktijk kunt tegenkomen.

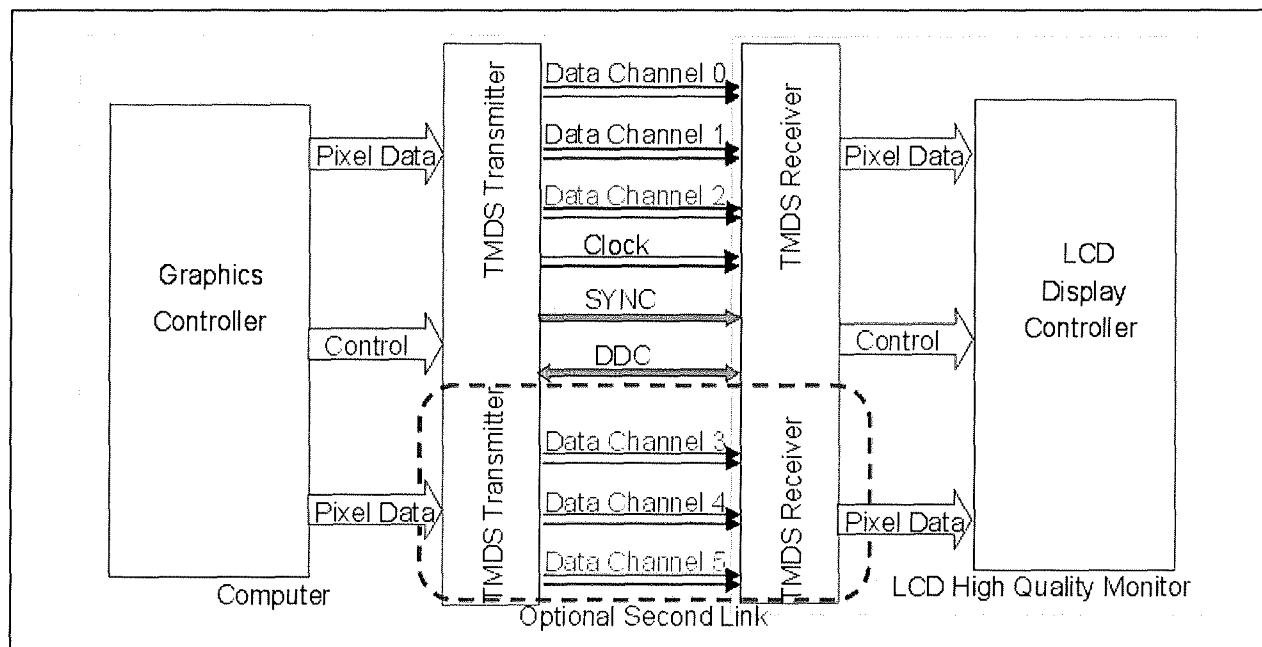
In "Single-Link" modus kan het systeem 4,9 Gb/s verzenden, waardoor deze subnorm meer dan voldoende capaciteit heeft voor alle videosystemen die in de consumentenelektronica te vinden zijn. Zelfs HDTV met 1.080 non-interlaced beeldlijnen kan zonder problemen via een "Single-Link" DVI-kabel worden gevoerd. Vandaar dat u in consumentenapparatuur hoofdzakelijk deze subnorm zult aantreffen.



Figuur 6/10.18-10: De vijf subnormen van de DVI-standaard.

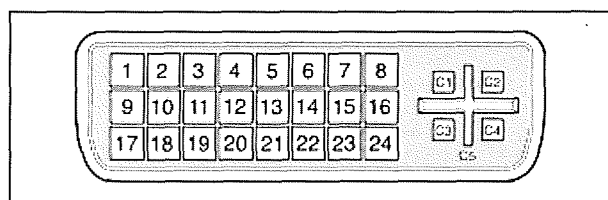
Een volgende eigenschap van DVI is dat de digitale signalen volgens het TMDS-procédé worden getransporteerd. Dit letterwoord is de afkorting van "Transition Minimized Differential Signalling" en het komt er op neer dat voor ieder datastroom gebruik wordt gemaakt van twee aders, die met differentiële signalen worden gevoed. Een systeem dat natuurlijk al lang bekend is in de professionele elektronische data-overdracht maar dat hiermee voor het eerst ook in consumentenapparatuur wordt toegepast. In figuur 6/10.18-11 hebben wij het datatransmissiesysteem van DVI even voor u samengevat.

10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur



Figuur 6/10.18-11: Het TMDS-systeem bij de DVI-norm.

In figuur 6/10.18-12 ziet u de pennummering van de volledig bestukte DVI-connector, in de tabel van figuur 6/10.18-13 is de verdeling van de signalen over de pennen voorgesteld.



Figuur 6/10.18-12: De nummering van de pennen in een DVI-connector.

In figuur 6/10.18-14 ziet u de standaard DVI Single-Link kabel, die u moet kopen voor het digitaal aansluiten van een high end DVD-speler op een plasma display.

HDMI

HDMI is het letterwoord van “High Definition Multimedia Interface”. Het is een vrij nieuwe norm die niets meer is dan een verdere ontwikkeling van DVI en speciaal is aangepast aan de eisen die consumentenelektronica stelt. Ook HDMI werkt met TMDS-kanalen voor het verzenden van videopakketten tot een bandbreedte van 165 MHz of 330 MHz. Daarnaast is een extra DDC-kanaal aanwezig, waarmee verzendende en ontvangende apparaten met elkaar kunnen communiceren. DDC staat voor “Display Data Channel” en is geen nieuw begrip, maar in dit kader specifiek aangepast aan de eigenaardigheden van consumentenapparatuur. Zo kan via dit kanaal een DVD-speler bijvoorbeeld de beeldresolutie doorgeven aan het scherm, waarna de elektronica die het scherm aanstuurt de resolutie van het scherm automatisch aanpast aan het te verzenden signaal. Een belangrijk verschil tussen DVI en HDMI is dat deze laatstgenoemde norm ook in staat is digitale audio te transporteren. DVI kan alleen analoge audio verwerken.

Een andere aanpassing aan de consument is dat de HDMI-connectoren eenvoudig in het chassisdeel worden ge-

10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur

plugd en dat er geen twee fixeringsschroeven aanwezig zijn. Onderzoek heeft uitgewezen dat de gemiddelde consument dat héél vervelend vindt!

Pin	Name	Function
1	TMDS Data 2-	Digital red - (Link 1)
2	TMDS Data 2+	Digital red + (Link 1)
3	TMDS Data 2/4 shield	
4	TMDS Data 4-	Digital green – (Link 2)
5	TMDS Data 4+	Digital green + (Link 2)
6	DDC clock	
7	DDC data	
8	Analog Vertical Sync	
9	TMDS Data 1–	Digital green – (Link 1)
10	TMDS Data 1+	Digital green + (Link 1)
11	TMDS Data 1/3 shield	
12	TMDS Data 3–	Digital blue – (Link 2)
13	TMDS Data 3+	Digital blue + (Link 2)
14	+5V	Power for monitor when in standby
15	Ground	Return for pin 14 and analog sync
16	Hot Plug Detect	
17	TMDS data 0–	Digital blue – (Link 1) and digital sync
18	TMDS data 0+	Digital blue + (Link 1) and digital sync
19	TMDS data 0/5 shield	
20	TMDS data 5–	Digital red – (Link 2)
21	TMDS data 5+	Digital red + (Link 2)
22	TMDS clock shield	
23	TMDS clock+	Digital clock + (Links 1 and 2)
24	TMDS clock–	Digital clock – (Links 1 and 2)
C1	Analog Red	
C2	Analog Green	
C3	Analog Blue	
C4	Analog Horizontal Sync	
C5	Analog Ground	Return for R, G and B signals

Figuur 6/10.18-13: De signaalbenamingen op de pennen van de DVI-connector.

Hackers zullen het betreuren dat in de HDMI-standaard een kopieerbeveiliging aanwezig is volgens de HDCP-specificaties 1.10. HDCP staat voor "High Definition Content Protection" en is dé standaard voor de beveiliging tegen kopieren van HD-materiaal. Alleen apparaten die voorzien zijn van zo'n hardwarematige kopieerbeveiliging kunnen met elkaar communiceren.

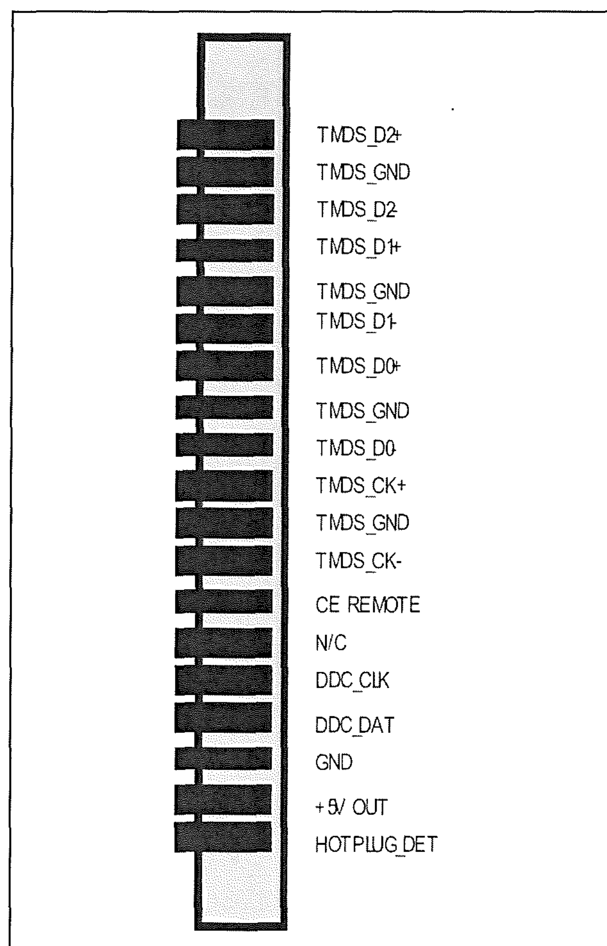


Figuur 6/10.18-14: Een standaard DVI Single-Link kabel.

Samengevat kan worden gesteld dat de HDMI-connector zich waarschijnlijk zal ontwikkelen tot de SCART van de 21^e eeuw onder andere door de in de standaard ingebouwde "Plug&Play"-functionaliteit.
In figuur 6/10.18-15 zijn de aansluitgegevens van een HDMI-connector samengevat.
De specificaties van deze interface van de toekomst even in het kort samengevat:

- transporteert digitaal audio, video en hulpgegevens;
- protocol compatibel met DVI specificaties 1.0 Single-Link;
- videopixel rate van 25 MHz tot 165 MHz voor type A en tot 330 MHz voor type B;
- pixel encoding volgens RGB 4:4:4, YCbCr 4:2:2 en YCbCr 4:4:4;
- audio sample rate van 32 kHz tot 192 kHz;
- tot acht audiokanalen;
- DDC-kanaal werkt volgens het I^2C-protocol met 100 kHz clock;
- Consumer Electronics Control kanaal als optie aanwezig als bidirectionele

seriële bus over één ader voor besturing op afstand.
In figuur 6/10.18-16 is een standaard HDMI-kabel voorgesteld.



Figuur 6/10.18-15: De aansluitgegevens op de 19 on-line pennen van een HDMI-connector.

Audio kabels

Inleiding

Ook wat audio betreft is er een aantal systemen in gebruik, die wat kwaliteit betreft als volgt kunnen worden gerangschikt:
- Cinch;
- Coax;
- Toslink.

Cinch werkt analoog, coax en Toslink zijn twee digitale transmissiesystemen voor audio.



Figuur 6/10.18-16: De HDMI-kabel die u steeds vaker zult aantreffen.

Cinch

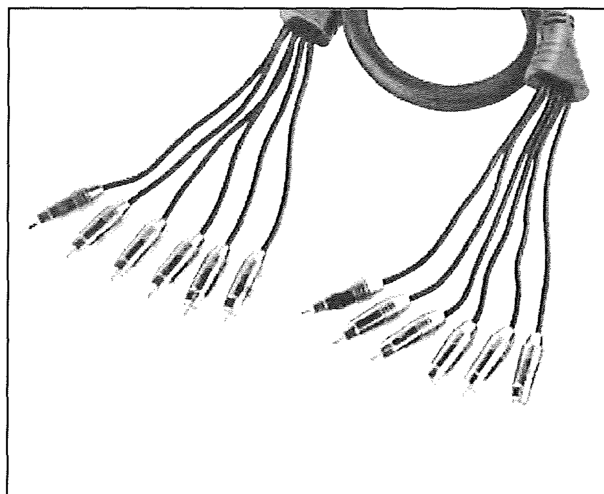
U kent uiteraard cinch, want ieder modern audio-producerend of -verwerkend apparaat is er mee uitgerust. De enkelpolige handige cinch-connectoren hebben ook in Europa de lang vertrouwde vijfpolige DIN-connectoren afgelost. Cinch heeft als groot voordeel dat het een overzichtelijk systeem is en dat er uiteraard een absolute scheiding tussen de verschillende kanalen bestaat. Ook in de moderne surround-sound tijd zult u voorlopig nog niet zonder cinch kunnen. Vaak moet u zes audiobronnen verbinden met de versterker. Om u een kom vol kabelsalade te besparen zijn diverse fabrikanten op de idee gekomen zes cinch-kabels tot één kabel te verenigen, zie figuur 6/10.18-17.

Coax

Coax-kabel kent u natuurlijk van uw kabel-TV aansluiting. Digitaal audio trans-

10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur

port via coax is geëvolueerd tot een de-facto standaard en de meeste apparaten die werken met digitale audio hebben dan ook een coaxiale in- of uitgang.

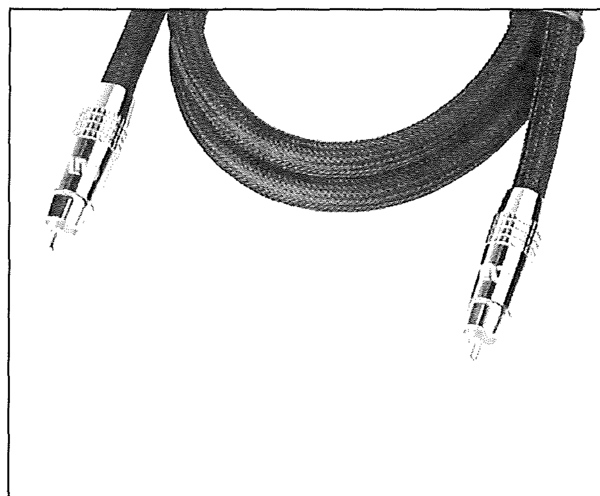


Figuur 6/10.18-17: Een zeskanaals cinch-kabel voor surround-sound connecties.

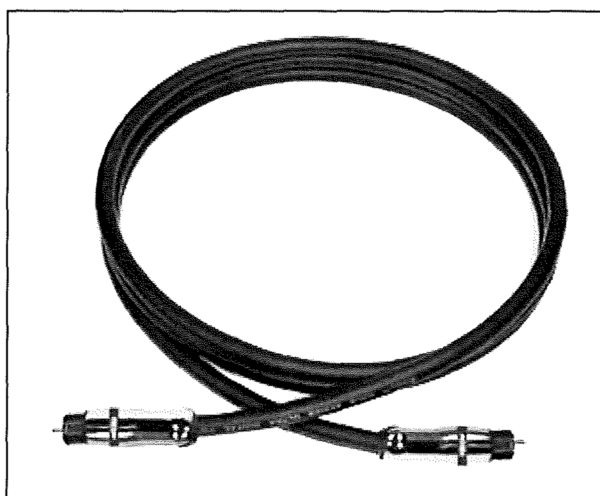
De bandbreedte van goede 75 Ω coaxiale kabels is groot genoeg voor het transport van datastromen tot 192 kHz. In figuur 6/10.18-18 is zo'n coaxiale kabel voorgesteld, waaruit blijkt dat er van cinch-connectoren gebruik wordt gemaakt.

Toslink

Toslink is dé standaard voor het digitale transport van audio via glasvezelkabels. Uw moderne surround-sound versterker heeft ongetwijfeld een Toslink-ingang en als uw bron ook zo'n connector heeft raden wij u aan beide apparaten via een glasvezelkabel te verbinden. Glasvezel heeft immers als groot voordeel op coax dat er absoluut geen sprake kan zijn van storingsinstraling en dat u er grote afstanden mee kunt overbruggen. Toslink heeft echter als nadeel dat u er geen scherpe bochten mee kunt maken, dan gaat de kwaliteit van de glasvezelverbinding zienderogen achteruit. In figuur 6/10.18-19 is een standaard Toslink kabel voorgesteld.



Figuur 6/10.18-18: Coax-kabel wordt gebruikt voor het transport van digitale datastromen.



Figuur 6/10.18-19: Met dergelijke zogenaamde Toslink kabels kunt u uw audiostromen via glasvezelkabel verzenden.

10.18 Connectoren voor hometheater apparatuur

6/10.20.1
Het PCI slot

Algemene structuur

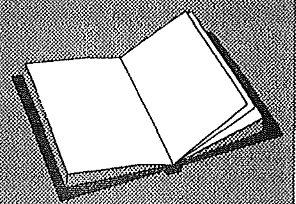
Inleiding
Het PCI slot is samengesteld rond 32 bit brede adres- en data-bussen. Daarnaast is een uitbreiding voorzien naar 64 bit brede bussen. De samenstelling van het PCI slot is getekend in figuur 6/10.20.1-1.
Zoals uit deze figuur blijkt, heeft het PCI slot twee uitvoeringen: een voor uitbreidingskaarten die gevoed worden met +5 V en een voor de nieuwe energiezuinige kaarten (groene kaarten) die een voedingsspanning van slechts +3,3 V hebben. Door het aanbrengen van een nokje, respectievelijk tussen de contacten 49/52 (+5 V) en 11/14 (+3,3 V) kan een +3,3 V kaart nooit in een +5 V slot gestoken worden.

EISA slot's
Naast de snelle PCI slot's heeft ieder PCI systeem ook nog een paar "oude" slot's. Deze slot's kunnen zowel werken volgens de ISA-, EISA- of MCA-architectuur. Deze derde, trage bus wordt via een speciale interface met de echte PCI bus verbonden.

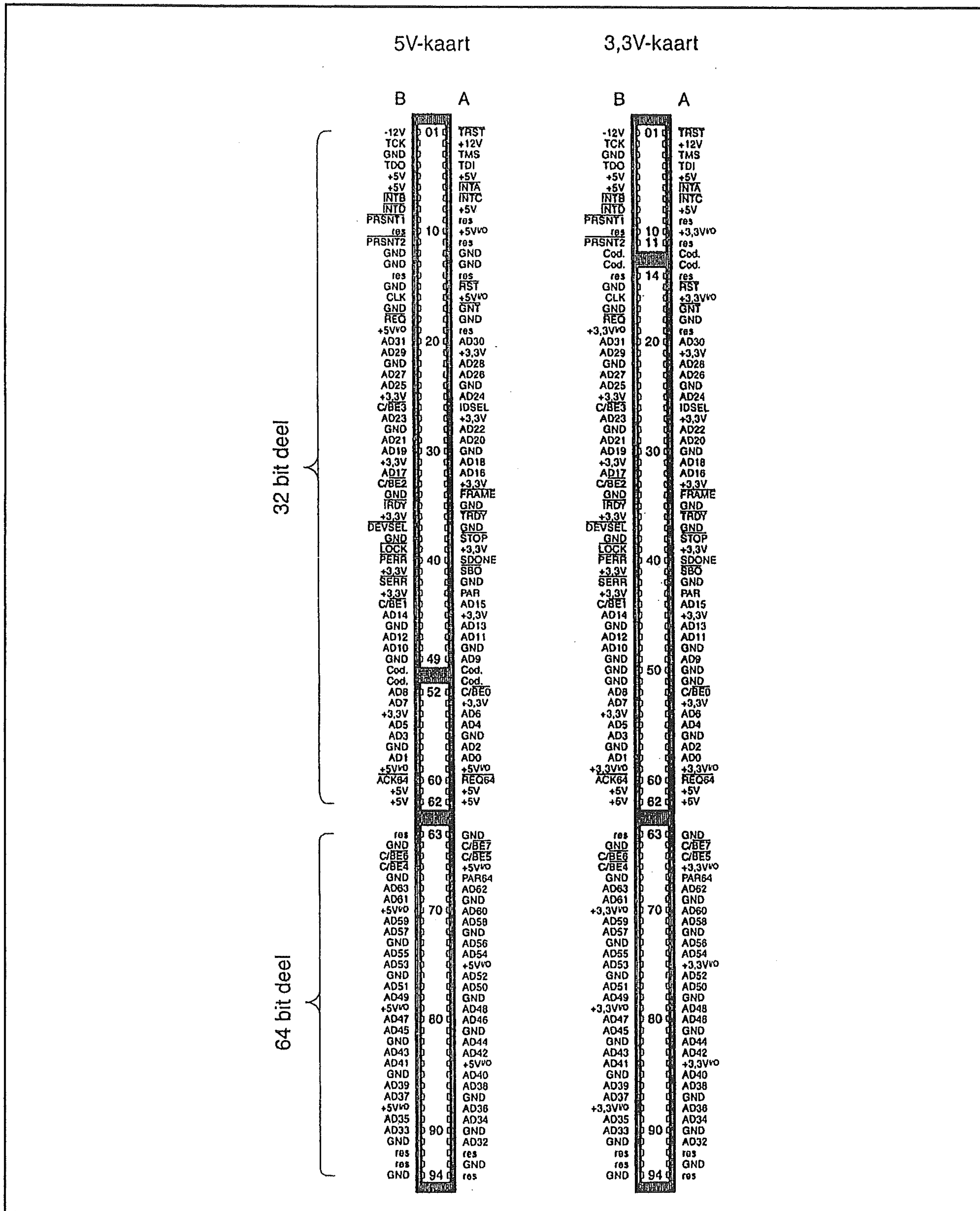
Energiebesparing
Een andere energiebesparende eigenschap van het PCI slot is dat iedere PCI eenheid geklokt moet kunnen worden met frequenties tussen 0 Hz en 33 MHz. Hierdoor kan de klok worden uitgeschakeld, hetgeen het opgenomen vermogen met ongeveer 99 % reduceert.

$\overline{\text{PRESENT}}$
De twee $\overline{\text{PRESENT}}$-contacten $\overline{\text{PRSNT1}}$ en $\overline{\text{PRSNT2}}$ worden door een PCI kaart met 0 V of +5 V verbonden, om naast het aanwezig zijn van de kaart ook de vermogensopname van de elektronica op de kaart aan te kunnen geven. Is er geen kaart aanwezig, dan blijven de twee lijnen uiteraard open en liggen op de positieve voedingsspanning ("H"). De codering van deze contacten is:
- $\overline{\text{PRSNT1}}$ = "H", $\overline{\text{PRSNT2}}$ = "H":
  geen kaart aanwezig
- $\overline{\text{PRSNT1}}$ = "L", $\overline{\text{PRSNT2}}$ = "H":
  kaart met maximaal 25 W vermogensopname

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.1.10
Hoofdstuk 3/19.1
Hoofdstuk 6/10.20



10.20 De slotconnector van de IBM-PC



Figuur 6/10.20.1-1: De penbezetting van het PCI slot.

- $\overline{\text{PRSNT1}}$ = "H", $\overline{\text{PRSNT2}}$ = "L":
  kaart met maximaal 15 W vermogensopname
- $\overline{\text{PRSNT1}}$ = "L", $\overline{\text{PRSNT2}}$ = "L":
  kaart met maximaal 7,5 W vermogensopname

Universele kaarten
De met $XXX^{I/O}$ gecodeerde aansluitingen stellen de speciale voedingsaansluitingen van universele kaarten voor, die zowel met +3,3 V als met +5 V voeding kunnen werken. Dergelijke kaarten kunnen dus in een willekeurig slot worden geplaatst. Naast deze speciale voedingsaansluitingen zijn echter ook normale aansluitingen voor +5 V (5 V kaart) en +3,3 V (3,3 V kaart) aanwezig.

Het 64 bit deel van het slot
Het 64 bit deel is door een schot van het 32 bit deel gescheiden. Dit deel is niet verplicht en bevat het meest significante dubbelwoord van een vierdubbelwoord. De stuur- en statusaansluitingen $\overline{\text{REQ64}}$ en $\overline{\text{ACK64}}$, die de besturing van de 64 bit uitbreiding verzorgen, zitten wél in het 32 bit deel van het slot.

Compacte bouwwijze
Door de zeer dicht op elkaar liggende contacten is het volledige 64 bit PCI slot zeer compact. Dankzij de adres/data multiplexing heeft het 64 bit PCI slot zelfs minder contacten dan een MCA-slot: 188 versus 202 aansluitingen.

Shared slot
Bij een zogenoemd "shared slot" is achter het normale PCI slot nog een ISA, EISA of MCA slot geplaatst. In principe kan een kaart namelijk zowel een PCI als een ISA/EISA/MCA interface bevatten en daardoor toepasbaar zijn in beide busstructuren. Er zijn echter weinig fabrikanten van moederborden en kaarten te vinden, die van deze optie gebruik maken. De normale gang van zaken is dat in het ISA/EISA/MCA deel van een shared slot een echte ISA/EISA/MCA kaart wordt geplaatst en in het PCI deel een echte PCI kaart. Bovendien is een dergelijke structuur in feite overbodig. Ieder PCI moederbord beschikt immers over een aantal "normale" EISA sloten!

Boundary Scan Testing
Het PCI slot ondersteunt de door de JTAG gestandaardiseerde testprocedure BST, oftewel Boundary Scan Testing. Hiervoor zijn twee aansluitingen aanwezig, TDO en TDI. PCI kaarten die geen JTAG Boundary Scan Testing ondersteunen, moeten de aansluitingen TDO en TDI intern kortsluiten. Meestal wordt namelijk één enkele testlus over het gehele moederbord en alle PCI slot's aangebracht. Dit maakt de testprocedure aanmerkelijk eenvoudiger, omdat er slechts één gemeenschappelijke ingang en slechts één gemeenschappelijke uitgang aanwezig is. Zouden dus op een PCI kaart zonder test-elektronica de aansluitingen TDO en TDI niet zijn doorverbonden, dan zou de testlus worden onderbroken.

Beschrijving van de aansluitingen

Inleiding
In de volgende paragraafjes wordt de functie van alle aansluitingen van het PCI slot alfabetisch in het kort besproken. Omdat PCI bus-mastering ondersteunt, moeten alle aansluitingen in principe bi-

directioneel zijn, dus als ingang én als uitgang kunnen functioneren. Toch wordt steeds vermeld of een aansluiting een in- dan wel een uitgang is, waarbij wordt uitgegaan dat de bus-master op het moederbord aanwezig is. In de meeste gevallen zal dat dus de systeemprocessor zijn.

$\overline{\text{ACK64}}$
- Aansluiting:
  B60
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit actief lage Acknowledge 64 bit Transfer signaal geeft aan dat de PCI eenheid zich als target van de huidige buscyclus heeft geïdentificeerd en de 64 bit transfer kan uitvoeren.

AD0 tot en met AD31
- Aansluitingen:
  Diverse
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit zijn de 32 gemultiplexte adres- en data-aansluitingen die de 32 bit brede standaard PCI adres/databus voorstellen.
  Iedere PCI buscyclus bestaat in eerste instantie uit een adresseringsfase, waarin deze aansluitingen een adres transporteren en nadien een of meer datafasen, waarin de gegevens worden overgebracht.

AD32 tot en met AD63
- Aansluitingen:
  Diversen
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Deze extra 32 adres- en datalijnen vormen de uitbreiding van de standaard PCI adres/databus naar 64 bit. Iedere PCI buscyclus bestaat uit een adresseringsfase, waarin deze lijnen een adres overbrengen als $\overline{\text{REQ64}}$ en DAC actief zijn. In het andere geval zijn AD32 tot en met AD63 gereserveerd. In de datafase(n) wordt via deze extra lijnen het meest significante dubbelwoord van een 64 bit vierdubbelwoord doorgegeven, wanneer $\overline{\text{REQ64}}$ én $\overline{\text{ACK64}}$ actief zijn.

C/$\overline{\text{BE0}}$ tot en met C/$\overline{\text{BE3}}$
- Aansluitingen:
  A52, B26, B33, B44
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Deze vier Bus Command en Byte Enable signalen geven, gedurende de adresseringsfase van een cyclus, het cyclus-type aan. Daarbij zijn de mogelijke combinaties als volgt:
  - "L-L-L-L": INTA-cyclus
  - "L-L-L-H": speciale cyclus
  - "L-L-H-L": I/O-leescyclus
  - "L-L-H-H": I/O-schrijfcyclus
  - "H-L-L-L": gereserveerd
  - "H-L-L-H": gereserveerd
  - "H-L-H-L": configuratie-leescyclus
  - "H-L-H-H": configuratie-schrijfcyclus
  - "L-H-L-L": gereserveerd
  - "H-H-L-L": meervoudige geheugen-leescyclus
  - "L-H-L-H": gereserveerd
  - "H-H-L-H": duale adresseringscyclus
  - "L-H-H-L": geheugen-leescyclus
  - "H-H-H-L": line-geheugen leescyclus
  - "L-H-H-H": geheugen-schrijfcyclus
  - "H-H-H-H": geheugen-schrijfcyclus met invalidatie

In de datafase bepalen de Byte Enable signalen $\overline{\text{BE0}}$ tot en met $\overline{\text{BE3}}$ welke bytes op de 32 bit databus geldige bytes bevatten.

C/$\overline{\text{BE4}}$ tot en met C/$\overline{\text{BE7}}$

- Aansluitingen:
  A64, A65, B65, B66
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Deze extra Bus Command en Byte Enable signalen worden op dezelfde wijze als C/$\overline{\text{BE0}}$ tot en met C/$\overline{\text{BE3}}$ via deze lijnen doorgegeven, maar dan voor 64 bit brede cycli. Tijdens de adresseringsfase geven deze signalen het type van de buscyclus aan, net zoals hun 32 bit soortgenoten. In de datafase definiëren alle acht Byte Enable signalen welke bytes op de 64 bit databus geldig zijn.

CLK

- Aansluiting:
  B16
- Status:
  Uitgang
- Functie:
  Deze aansluiting levert het kloksignaal voor alle PCI cycli. Volgens de PCI specificatie loopt deze van 0 Hz tot en met 33 MHz, zodat men PCI eenheden kan "bevriezen" en hun vermogensopname minimaliseren.

$\overline{\text{DEVSEL}}$

- Aansluiting:
  B37
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit actief lage Device Select signaal geeft aan dat de decoderingslogica de bijbehorende PCI eenheid als target van een buscyclus heeft geïdentificeerd.

$\overline{\text{FRAME}}$

- Aansluiting:
  A34
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit signaal wordt door de actieve PCI master aangestuurd.
  Een dalende flank van het $\overline{\text{FRAME}}$-signaal leidt de adresseringsfase in. De master de-activeert dit signaal weer, om de laatste datafase van een buscyclus aan te geven.

$\overline{\text{GNT}}$

- Aansluiting:
  A17
- Status:
  Uitgang
- Functie:
  Dit actief lage Grant signaal geeft aan de geadresseerde PCI eenheid te kennen dat de besturingslogica de bus heeft toegewezen en dat de PCI bus als master bediend kan worden. Iedere master heeft zijn eigen individuele $\overline{\text{GNT}}$-ingang.

IDSEL

- Aansluiting:
  A26
- Status:
  Uitgang
- Functie:
  Dit Initialization Device Select signaal wordt tijdens een cyclus van de configuratie-adresruimte als chip select signaal gebruikt, waardoor de te configureren eenheid kan worden geselecteerd.

$\overline{\text{INTA}}$ tot en met $\overline{\text{INTD}}$
- Aansluitingen:
  A6, A7, B7, B8
- Status:
  Ingangen
- Functie:
  Iedere PCI eenheid kan via een laag signaal op een van deze aansluitingen een interrupt genereren. Een enkelvoudige PCI eenheid kan alleen $\overline{\text{INTA}}$ activeren, een multifunctionele eenheid kan ook de drie andere signalen activeren. Hardware-interrupts zijn niveau-getriggerd en wel laag actief. Uit compatibiliteitsredenen worden deze signalen ook omgezet naar de interrupts IRQ0 tot en met IRQ15 van de oudere bus-structuren.

$\overline{\text{IRDY}}$
- Aansluiting:
  B35
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit Initiator Ready signaal geeft aan dat de initiator (dus de busmaster) klaar is en de huidige datafase kan worden afgesloten. Bij een schrijfcyclus activeert de initiator dit signaal om aan te geven dat geldige gegevens op de bus staan.

$\overline{\text{LOCK}}$
- Aansluiting:
  B39
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Een actief laag signaal op deze aansluiting definieert een deelbenadering, die meerdere buscycli in beslag neemt. Benaderingen van niet-vergrendelde elementen kunnen nog worden uitgevoerd, dit signaal blokkeert dus alleen de benadering van het geadresseerde PCI element, niet van de complete bus.

PAR
- Aansluiting:
  A43
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Deze aansluiting bevat een pariteitsbit, dat wordt gebruikt voor de controle van de geldigheid van de ADx- en C/$\overline{\text{BEx}}$-gegevens. Dit bit wordt zo ingesteld dat er steeds even pariteit wordt bereikt, oftewel dat de combinatie van ADx, C/$\overline{\text{BEx}}$ en PAR een even aantal "H"-en bevat.

PAR64
- Aansluiting:
  A67
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Deze pariteitsaansluiting bevat een extra pariteitsbit, zodat een even pariteit voor AD32 tot en met AD63 én C/$\overline{\text{BE4}}$ tot en met C/$\overline{\text{BE7}}$ kan worden gegenereerd.

$\overline{\text{PERR}}$
- Aansluiting:
  B40
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit actief lage Parity Error signaal geeft aan dat er een pariteitsfout is opgetreden.

$\overline{\text{PRSNT1}}$, $\overline{\text{PRSNT2}}$
- Aansluitingen:
  B9, B11

10.20 De slotconnector van de IBM-PC

- Status:
  Ingangen
- Functie:
  Deze Present contacten worden door de PCI eenheid verbonden met de massa of met de voedingsspanning om het vermogensverbruik van de eenheid te definiëren.

$\overline{\text{REQ}}$
- Aansluiting:
  B18
- Status:
  Ingang
- Functie:
  Dit actief lage Request signaal meldt aan de arbitrage-logica dat de betreffende eenheid de bus als master wil bedienen. Iedere master heeft een eigen $\overline{\text{REQ}}$-uitgang.

$\overline{\text{REQ64}}$
- Aansluiting:
  A60
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit actief lage Request 64 Bit Transfer signaal geeft aan dat de actieve busmaster een 64 bit transfer wil uitvoeren.

$\overline{\text{RST}}$
- Aansluiting:
  A15
- Status:
  Uitgang
- Functie:
  Dit actief lage Reset signaal reset alle aangesloten PCI eenheden.

$\overline{\text{SBO}}$
- Aansluiting:
  A41
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit actief lage Snoop Backoff signaal geeft een arbitrage-treffer in een gewijzigde cache-lijn aan. Dit signaal ondersteunt, samen met SDONE, een write-through of een write-back cache in de adresruimte van de processor.

SDONE
- Aansluiting:
  A40
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit actief lage Snoop Done signaal geeft aan dat de huidige inquiry-cyclus is afgesloten.

$\overline{\text{SERR}}$
- Aansluiting:
  B42
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit actief lage System Error signaal geeft voor alle PCI cycli een pariteitsfout aan, voor speciale cycli een gegevensfout, of een ernstige systeemfout in het algemeen.

$\overline{\text{STOP}}$
- Aansluiting:
  A38
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Met dit actief lage signaal laat de target de master (initiator) weten dat de master de huidige cyclus moet afbreken via een zogenoemde target abort.

TCK, TDI, TDO, TMS, $\overline{\text{TRST}}$
- Aansluitingen:

10.20 De slotconnector van de IBM-PC

A1, A3, A4, B2, B4
- Status:
  Een ingang + vier uitgangen
- Functie:
  Dit zijn de vijf signalen die noodzakelijk zijn voor een JTAG Boundary Scan Testing procedure volgens de IEEE-standaard. Via TDI (Test Data Input) worden op het ritme van de klokpuls TCLK (Test Clock) testgegevens of testopdrachten ingevoerd, via TDO (Test Data output) worden de resultaten van de test uitgevoerd. Een actief TMS-signaal (Test Mode Select) activeert de TAP-besturing, een actieve $\overline{\text{TRST}}$ (Test Reset) reset deze.

$\overline{\text{TRDY}}$
- Aansluiting:
  A36
- Status:
  Bidirectioneel
- Functie:
  Dit actief lage Target Ready signaal geeft aan dat de geadresseerde PCI eenheid (dus de target) klaar is en de huidige datafase kan afsluiten. Bij een schrijfcyclus activeert de target dit signaal om duidelijk te maken dat gegevens van de bus kunnen worden overgenomen.

6/10.21

Connector-systemen voor harde schijven

Inleiding

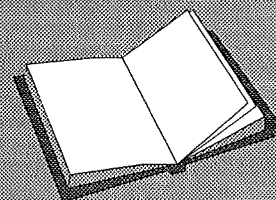
Hard Diks Controllers
De harde schijf in een computer wordt niet rechtstreeks met de systeembus verbonden. Tussen deze bus en de eigenlijke harde schijf staat de zogenoemde "hard disk controller". Dit is een meestal vrij intelligente schakeling, die alle noodzakelijke elektronica bevat voor het besturen, beschrijven en lezen van de harde schijf. Dit noemt men de interface tussen computer en harde schijf. Er bestaan vijf verschillende standaarden, die in de loop der tijd zijn ontwikkeld. Bijna ieder systeem heeft (helaas) een andere verbindingsmanier tussen de controller-print en de harde schijf.
Bij het bespreken van de controller zijn drie zaken van belang:
- de interface tussen de controller en de computer;
- de interface tussen de hard disk controller en de harde schijf;
- de decodering van de controller, of de manier waarop de controller de enen en nullen van de computerinformatie vertaalt naar een datastroom naar de harde schijf en vice versa.

Met het eerste punt hoeft de gebruiker geen rekening te houden, want dat is een zaak die de fabrikant van de interfacekaart moet uitzoeken.
Met de twee overige punten moet men echter des te meer rekening houden!

Interface
De vijf voornaamste interfaces van een harde schijf zijn:
- de SMD-interface;
- de ST412/ST506-interface;
- de SCSI-interface;
- de ESDI-interface;
- de IDE-interface.

(De)codering
De volgende (de)coderingstechnieken worden toegepast:
- MFM-(de)codering;
- RLL-(de)codering;
- NRZ-(de)codering.

LEES OOK:
Geen verwijzingen



10.21 Connector-systemen voor harde schijven

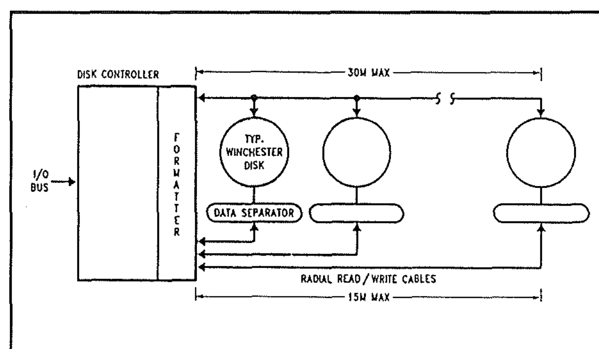
De SMD-interface

Inleiding

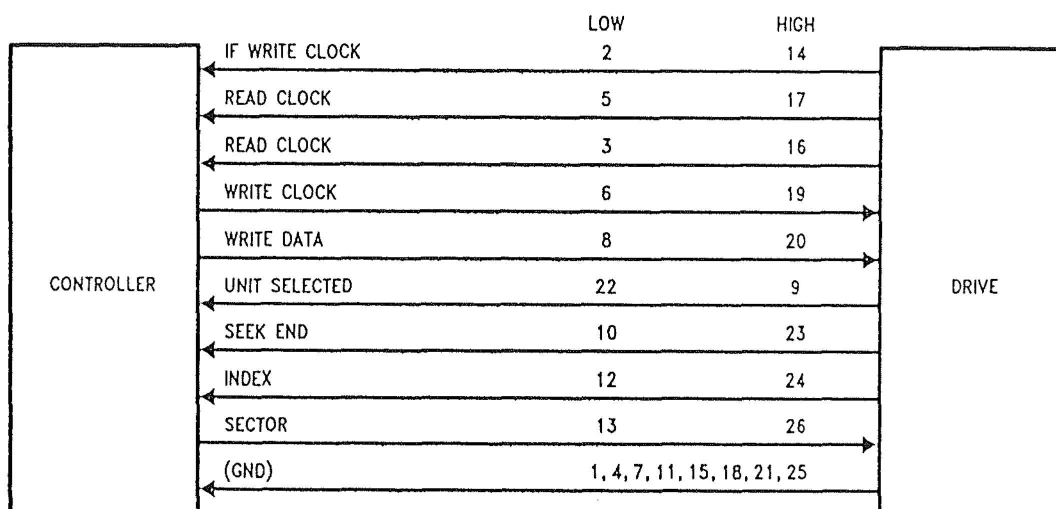
De SMD-interface was een van de eerste hard disk interfaces die algemeen gebruikt werd. Deze interface is ontwikkeld in 1975. SMD betekent "Storage MoDule". De SMD-interface is in wezen ontwikkeld voor de zeer oude 8 inch tot en met 14 inch hard disks, terwijl er in 1982 een vernieuwde versie voor de 5.25 inch hard disk op de markt is gekomen. De SMD-interface wordt in de huidige technologie niet meer toegepast. Enerzijds komt dit door de grootte van de hard disk waar mee gewerkt wordt (8 inch tot en met 14 inch) en anderzijds vanwege de concurrentie van andere interfaces voor het 5.25 inch formaat harde schijven. Een typische opstelling voor een SMD-interface is getekend in figuur 6/10.21-1.

Aansluitgegevens

Zoals bij de meeste systemen wordt gebruik gemaakt van twee kabels, een voor het versturen van de gegevens en een voor het versturen van besturingssignalen.
De standaard aansluitgegevens van de data-kabel zijn samengevat in figuur 6/10.21-2 en van de signaal-kabel in figuur 6/10.21-3.

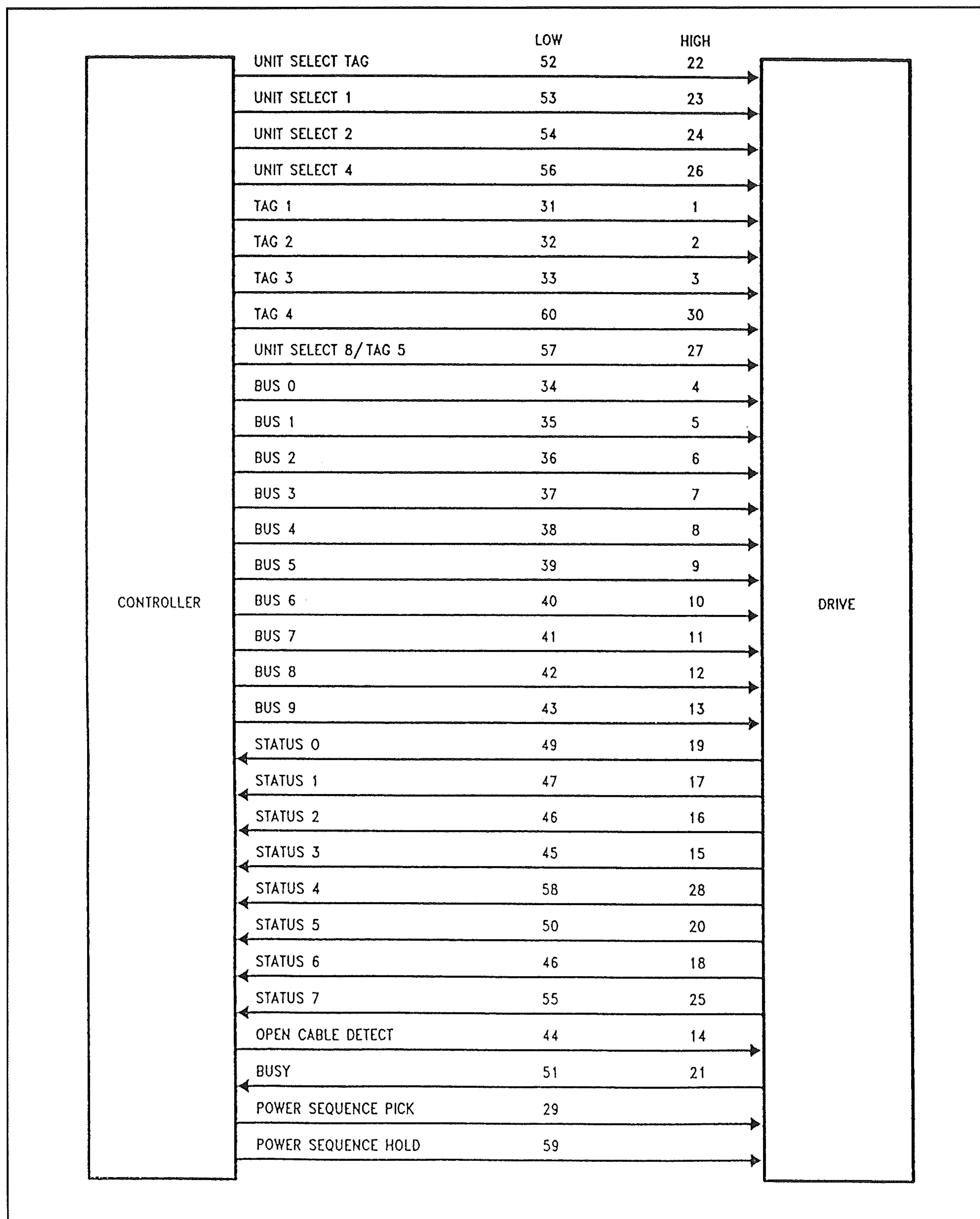


Figuur 6/10.21-1: Het principeschema van een SMD-interface.



Figuur 6/10.21-2: Aansluitgegevens van de connectoren van de SMD data-kabel.

10.21 Connector-systemen voor harde schijven



Figuur 6/10.21-3: Aansluitgegevens van de connectoren van de SMD signaal-kabel.

Specificaties
De belangrijkste technische informatie van de SMD-interface kan als volgt worden samengevat:
- overdrachtsnelheid:
  kleiner dan 15 Mbit/s
- decodering:
  MFM
- maximale afstand:
  15 m

Aangezien de SMD-standaard niet (of nauwelijks) nog gebruikt wordt, wordt er verder niet op ingegaan.

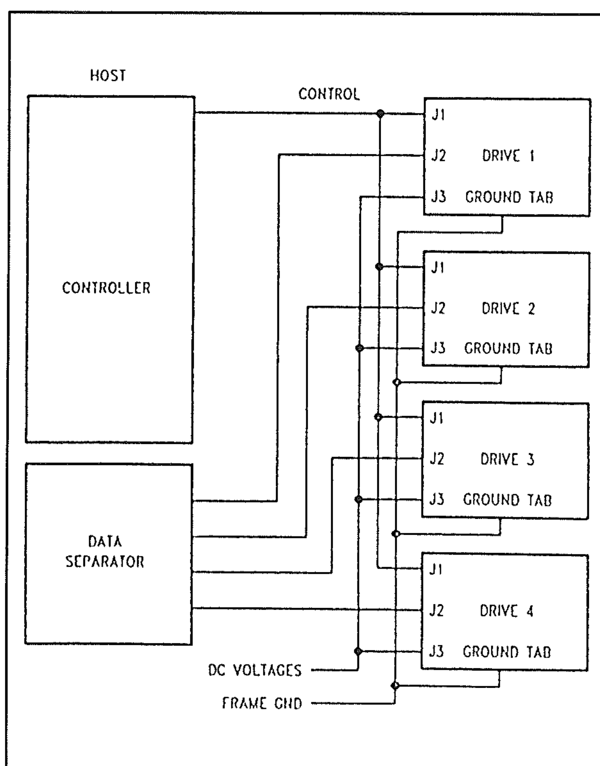
De ST412/ST506-interface

Inleiding
Deze interface wordt nog steeds vaak gebruikt voor de hard disk controllers in goedkope PC-systemen.
De ST412/ST506-interface is ontwikkeld in 1980. In de praktijk wordt deze interface vaak de "floppy extension" interface genoemd, omdat een harde schijf op dezelfde manier wordt behandeld als een floppy disk drive.
De ST412/ST506 heeft geen vaste doelgroep. Iedere IBM-compatibele computer is in feite bruikbaar om er een ST412/ST506-interface in te gebruiken. Een reden waarom niet gekozen zou worden voor deze interface is bijvoorbeeld de lage overdrachtsnelheid. Deze ligt veel hoger bij een SCSI-interface.
Een typische opstelling van een ST412/ST506-interface staat getekend in figuur 6/10.21-4.

Aansluitgegevens
ST412/ST506 werkt met twee platte bandkabels, respectievelijk met 34 en met 20 aders. De aansluitgegevens zijn in figuur 6/10.21-5 beschreven.

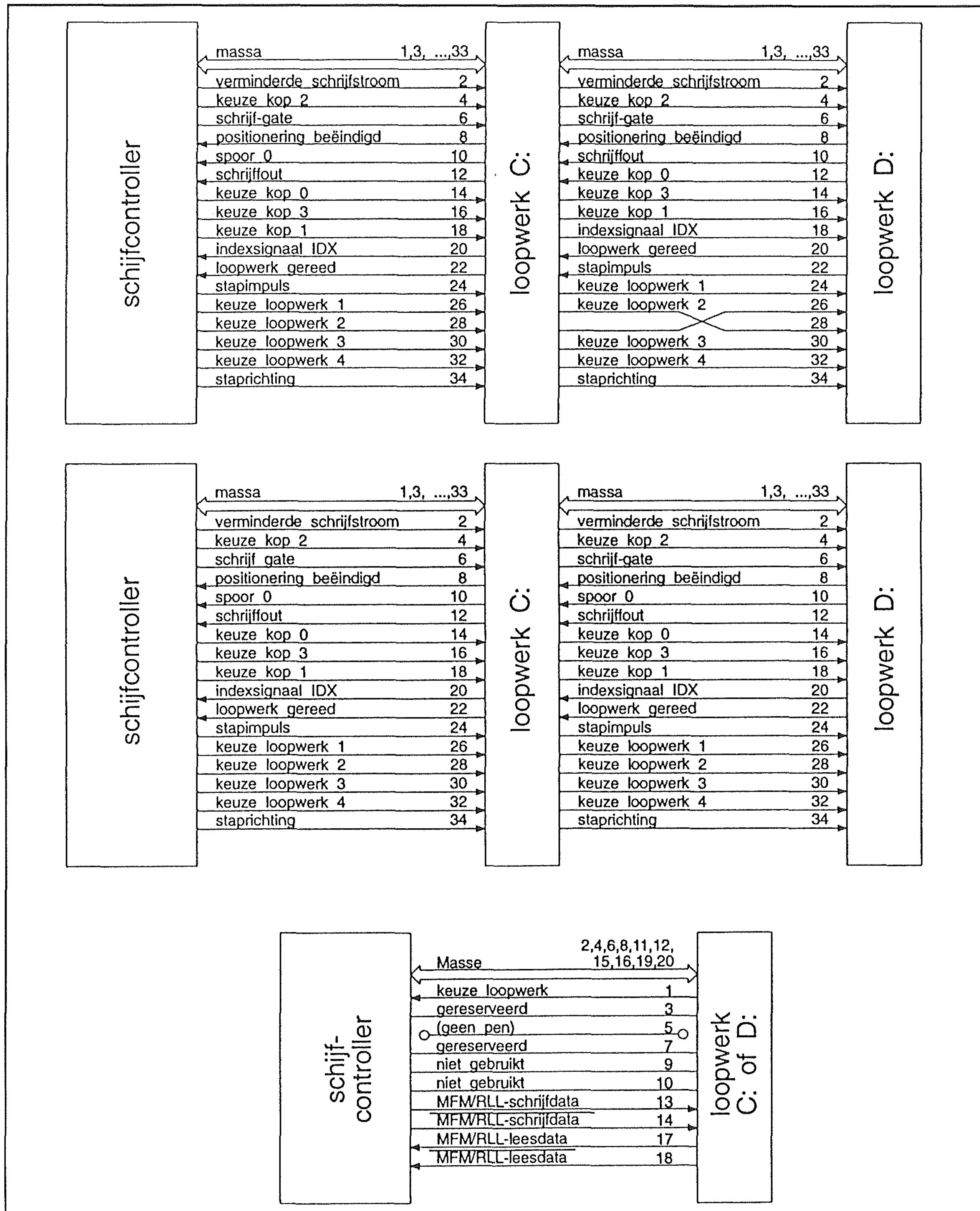
Specificaties
De belangrijkste specificaties van de ST412/ST506-interface kunnen als volgt worden samengevat:
- overdrachtsnelheid:
  10 Mbit/s voor ST412
  5 Mbit/s voor ST506
- decodering:
  MFM, RLL
- maximale afstand:
  7 m

De belangrijkste eigenschappen van deze interface zijn de twee verschillende overdrachtsnelheden en het feit dat er maximaal vier hard disks op aangesloten kunnen worden.



Figuur 6/10.21-4: Een typische ST412/ST506 opstelling met vier harde schijven.

10.21 Connector-systemen voor harde schijven



Figuur 6/10.21-5: De aansluitgegevens van de 20-aderige flat-cable voor de data en de 34-polige flat-cable voor de stuurgegevens van de ST412/ST506-interface.

De SCSI-interface

Inleiding

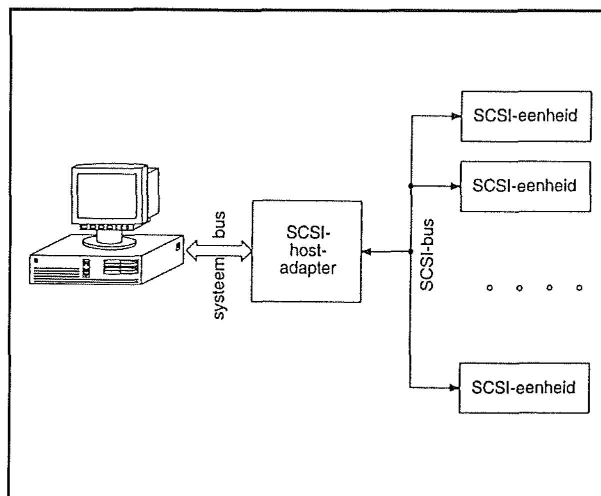
De SCSI-interface is ontwikkeld en als standaard geaccepteerd in 1982 en is een zogenaamde "intelligente" disk-interface. Het intelligente van deze interface is dat er via een bus gecommuniceerd wordt in plaats van via directe bekabeling. Op deze bus kunnen maximaal acht randapparaten worden aangesloten, hetgeen niet alleen harde schijven kunnen zijn, maar bijvoorbeeld ook CD-ROM drive's, tape streamers, scanners, etc. Aan de SCSI-interface gaat een stukje historie vooraf. In 1981 werd de SASI-interface (ook een "intelligente" interface) ontwikkeld door Allen Shugart van de firma Shugart Associates. De afkorting van SASI staat dan ook voor "Shugart Associates System Interface".

Nadat Allen Shugart de firma Shugart Associates verlaten had, heeft hij het bedrijf Seagate Technologies opgericht. Hierdoor werd de SASI-interface aan het bedrijf Seagate Technologies verbonden in plaats van aan het bedrijf Shugart Associates. Dit laatste was dan ook de reden waarom er een nieuwe versie van de SASI-interface kwam, namelijk de SCSI-interface (die vervolgens onder een ANSI-norm gesteld werd). SCSI staat hier voor "Small Computers System Interface" en is wél van Seagate Technologies.

De doelgroep voor de SCSI-interface is iedere IBM-compatibele computer.

Aansluitgegevens

Voor de standaard opstelling van een SCSI-interface kan men figuur 6/10.21-6 als referentie nemen, terwijl de aansluitgegevens van de 50-polige flat cable in figuur 6/10.21-7 zijn samengevat.



Figuur 6/10.21-6: De standaard opstelling van een SCSI-interface.

Wide SCSI

De data-bus van SCSI is slechts 8 bit breed. Dat is tegenwoordig natuurlijk vrij weinig en vandaar dat de oorspronkelijke SCSI-standaard is uitgebreid tot "Wide SCSI". Deze nieuwe norm biedt de mogelijkheid de data-bus tot 32 bit uit te breiden. Om de compatibiliteit met de oude norm te garanderen, werkt Wide SCSI met dezelfde 50-aderig kabel, maar wordt het systeem uitgebreid met een tweede 68-polige kabel. De aansluitgegevens van deze zogenoemde B-kabel zijn samengevat in figuur 6/10.21-8.

Specificaties

De voornaamste specificaties van de SCSI-interface kunnen als volgt worden samengevat:

- overdrachtsnelheid:
  4 Mbit/s in asynchrone modus
  7 Mbit/s in synchrone modus
- decodering:
  MFM, RLL
- maximale afstand:
  7 m

Andere specificaties die een SCSI-interface belangrijk maken zijn:

10.21 Connector-systemen voor harde schijven

Signaal	Pen	Betekenis	Signaal	Pen	Betekenis
GND	1	massa	TERMPWR	26	termination
DB(0)	2	databit 0	GND	27	massa
GND	3	massa	GND	28	massa
DB(1)	4	databit 1	GND	29	massa
GND	5	massa	GND	30	massa
DB(2)	6	databit 2	GND	31	massa
GND	7	massa	ATN	32	attention
DB(3)	8	databit 3	GND	33	massa
GND	9	massa	GND	34	massa
DB(4)	10	databit 4	GND	35	massa
GND	11	massa	BSY	36	busy
DB(5)	12	databit 5	GND	37	massa
GND	13	massa	ACK	38	acknowledge
DB(6)	14	databit 6	GND	39	massa
GND	15	massa	RST	40	reset
DB(7)	16	databit 7	GND	41	massa
GND	17	massa	MSG	42	message
DB(P)	18	pariteitsbit	GND	43	massa
GND	19	massa	SEL	44	select
GND	20	massa	GND	45	massa
GND	21	massa	C/D	46	command/data
GND	22	massa	GND	47	massa
GND	23	massa	REQ	48	request
GND	24	massa	GND	49	massa
[1]	25	—	I/O	50	I/O

[1] geen verbinding

Figuur 6/10.21-7: De aansluitgegevens van de 50-aderige SCSI-kabel.

- het werken met een bus systeem;
- de mogelijkheid om hierdoor meerdere computers en/of randapparaten met elkaar te verbinden;
- de mogelijkheid om met maximaal acht aansluitingen per interface te werken.

10.21 Connector-systemen voor harde schijven

Signaal	Pen	Functie	Signaal	Pen	Functie
GND	1	Massa	GND	35	Massa
GND	2	Massa	DB(8)	36	Databit 8
GND	3	Massa	DB(9)	37	Databit 9
GND	14	Massa	DB(10)	38	Databit 10
GND	5	Massa	DB(11)	39	Databit 11
GND	6	Massa	DB(12)	40	Databit 12
GND	7	Massa	DB(13)	41	Databit 13
GND	8	Massa	DB(14)	42	Databit 14
GND	9	Massa	DB(1 5)	43	Databit 15
GND	10	Massa	DB(P1)	44	Pariteit voor DB8-DB15
GND	11	Massa	ACKB	45	Acknowledge B-kabel
GND	12	Massa	GND	46	Massa
GND	13	Massa	REQB	47	Request B-kabel
GND	14	Massa	DB(16)	48	Databit 16
GND	15	Massa	DB(17)	49	Databit 17
GND	16	Massa	DB(18)	50	Databit 18
TERMPWR	17	Afsluiting	TERMPWR	51	Afsluiting
TERMPWR	18	Afsluiting	TERMPWR	52	Afsluiting
GND	19	Massa	DB(19)	53	Databit 19
GND	20	Massa	DB(20)	54	Databit 20
GND	21	Massa	DB(21)	55	Databit 21
GND	22	Massa	DB(22)	56	Databit 22
GND	23	Massa	DB(23)	57	Databit 23
GND	24	Massa	DB(P2)	58	Pariteit voor DB16-DB23
GND	25	Massa	DB(24)	59	Databit 24
GND	26	Massa	DB(25)	60	Databit 25
GND	27	Massa	DB(26)	61	Databit 26
GND	28	Massa	DB(27)	62	Databit 27
GND	29	Massa	DB(28)	63	Databit 28
GND	30	Massa	DB(29)	64	Databit 29
GND	31	Massa	DB(30)	65	Databit 30
GND	32	Massa	DB(32)	66	Databit 31
GND	33	Massa	DB(P3)	67	Pariteit voor DB24-DB31
GND	34	Massa	GND	68	Massa

Figuur 6/10.21-8: De aansluitgegevens van de extra 64-polige kabel van "Wide SCSI".

10.21 Connector-systemen voor harde schijven

De ESDI-interface

Inleiding

ESDI staat voor "Enhanced Small Device Interface" en deze interface werd door de firma Maxtor ontwikkeld in 1983. De doelgroep is een IBM-compatibele computer met minimaal een 80286 microprocessor en een klokfrequentie van 10 MHz. Alle computers met een 80386, 80486 of Pentium microprocessor vallen hier dus ook onder. Er worden hoge eisen aan de computer gesteld omdat de interface met een zeer hoge frequentie kan werken en het dus geen nut heeft om een "langzame" computer met deze interface uit te voeren. Op één ESDI-interface kan men maximaal zeven harde schijven aansluiten.

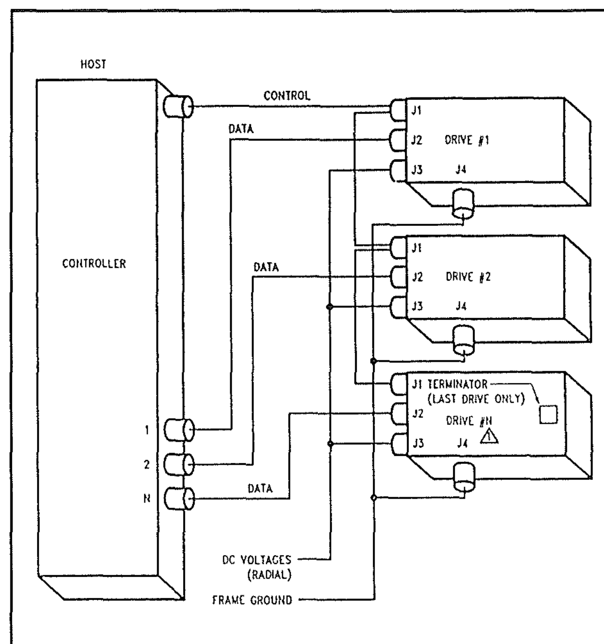
Aansluitgegevens

Een mogelijke opstelling met een ESDI-interface is getekend in figuur 6/10.21-9, terwijl de codering van de data- en de signaal-kabels is getekend in figuur 6/10.21-10.

Specificaties

De belangrijkste specificaties van de ESDI-interface kunnen als volgt worden samengevat:
- overdrachtsnelheid: maximaal 24 Mbit/s
- decodering: NRZ, RLL
- Maximale afstand: 7 m

Andere typische kenmerken van de ESDI-interface zijn:
- de mogelijkheid om gebruik te maken van een "serial mode" en een "step mode", waarbij de "serial mode" standaard wordt gebruikt, terwijl de "step mode" gebruikt kan worden alsof het een ST412/ST506-interface is;
- ondersteuning van maximaal zeven harde schijven in "serial mode" en drie harde schijven in "step mode".



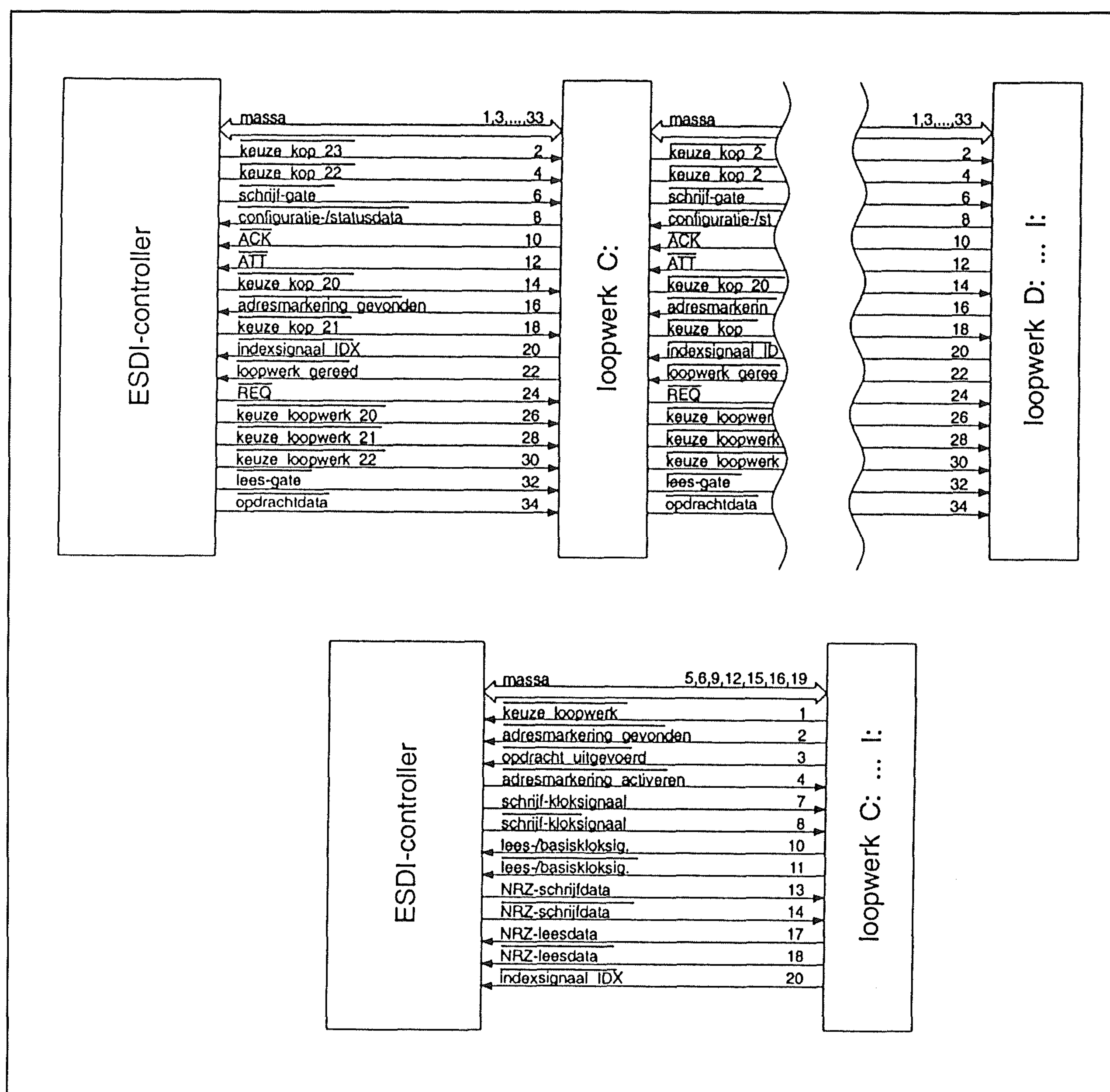
Figuur 6/10.21-9: De gestandaardiseerde systeemopstelling van de ESDI-interface.

De IDE-interface

Inleiding

De IDE-interface is de opvolger van de ST412/ST506-interface. IDE is de afkorting van "Intelligent Drive Electronics". Wat betreft prestaties staat de IDE-interface tussen de oude ST-interfaces en de moderne ESDI- en SCSI-interfaces in. De IDE-interface wordt ook wel eens de "AT-bus" genoemd, omdat deze interface in de meeste computers van het type AT standaard werd ingebouwd.

10.21 Connector-systemen voor harde schijven



Figuur 6/10.21-10: De aansluitingen van de 34-polige stuurkabel en de 20-polige data-kabel van de ESD-interface.

De IDE-interface is vrij dom, omdat de intelligente schakelingen in de harde schijf zijn ingebouwd. De IDE-controller zorgt alleen voor een rudimentaire interface tussen de bus van de computer en de elektronica in de harde schijf. De IDE-interface kan maximaal twee harde schijven aansturen.

Aansluitgegevens

De IDE-interface wordt door middel van een enkele 40-polige vlakke bandkabel met de harde schijf verbonden. De aansluitgegevens van deze kabel zijn samengevat in figuur 6/10.21-11.

10.21 Connector-systemen voor harde schijven

IDE-signaal	Pen	Betekenis	AT-signaal	Signaalrichting
RESET	1	Loopwerken initialiseren	RESET DRV [1]	Host->loopwerk
GND	2	Massa	—	—
DD7	3	Databus7	SD7	Bidirectioneel
DD8	4	Databus8	SD8	Bidirectioneel
DD6	5	Databus6	SD6	Bidirectioneel
DD9	6	Databus9	SD9	Bidirectioneel
DD5	7	Databus5	SD5	Bidirectioneel
DD10	8	Databus10	SD10	Bidirectioneel
DD4	9	Databus4	SD4	Bidirectioneel
DD11	10	Databus11	SD11	Bidirectioneel
DD3	11	Databus3	SD3	Bidirectioneel
DD12	12	Databus12	SD12	Bidirectioneel
DD2	13	Databus2	SD2	Bidirectioneel
DD13	14	Databus13	SD13	Bidirectioneel
DD1	15	Databus1	SD1	Bidirectioneel
DD14	16	Databus14	SD14	Bidirectioneel
DD0	17	Databus0	SD0	Bidirectioneel
DD15	18	Databus15	SD15	Bidirectioneel
GND	19	Massa	—	—
[2]	20	Markering voor pen 20	—	—
DMARQ[3]	21	DMA Request	DRQx	Loopwerk→host
GND	22	Massa	—	—
DIOW	23	Data schrijven via I/O-kanaal	IOW	Host→loopwerk
GND	24	Massa	—	—
DIOR	25	Data lezen via I/O-kanaal	IOR	Host→loopwerk
GND	26	Massa	—	—
IORDY[3]	27	I/O-benadering klaar (ready)	IOCHRDY	Loopwerk→host
SPSYNC	28	As-synchronisatie	—	Loopwerk→loopwerk
DMACK[3]	29	DMA Acknowledge	DACKx	Host→loopwerk
GND	30	Massa	—	—
INTRQ	31	Interrupt Request	IRQx	Loopwerk→host
IOCS16	32	16-bit overdracht via I/O-kanaal	I/OCS16	Loopwerk→host
DA1	33	Adresbus 1	SA1	Host→loopwerk
PDIAG	34	Passed Diagnostic door slave	—	Loopwerk→loopwerk
DA0	35	Adresbus 0	SA0	Host→loopwerk
DA2	36	Adresbus 2	SA2	Host→loopwerk
CS1Fx	37	Chip Select voor basisadr. 1f0h	—	Host→loopwerk
CS3Fx	38	Chip Select voor basisadr. 3f0h	—	Host→loopwerk
DASP	39	Drive Active/Slave Present	—	Loopwerk→host
GND	40	Massa	—	

[1]geïnverteerd signaal van de AT-bus
[2]pen gesperd om te verhinderen dat de stekker verkeerd wordt aangesloten
[3]optioneel

Figuur 6/10.21-11: De aansluitgegevens van de 40-aderige IDE-kabel.

Specificaties

De specificaties van de IDE-interface kunnen als volgt worden samengevat:

- overdrachtsnelheid: 3,5 Mbit/s
- decodering: RLL, MFM
- maximale afstand: 60 cm

Enhanced-IDE

Om de concurrentie van met name ESDI en SCSI te weerstaan heeft men een nieuwe norm ontwikkeld, Enhanced-IDE. Deze biedt veel hogere data-snelheden, maar heeft geen invloed op waarover het in dit hoofdstuk gaat, de aansluitgegevens van de verbindingskabels.

(De)coderingstechnieken

Inleiding

Aan het begin van dit hoofdstuk is reeds vermeld dat er gebruik wordt gemaakt van diverse (de)coderingstechnieken. Nog even op een rijtje:

- MFM-(de)codering;
- RLL-(de)codering;
- NRZ-(de)codering.

Men kan zich de vraag stellen wat men als gebruiker van een computer met harde schijf te maken heeft met deze technieken. Veel! Het is namelijk zo dat het absoluut onmogelijk is een interface die werkt met de ene techniek aan te sluiten op een harde schijf die een andere techniek verwacht.

De meeste standaarden ondersteunen twee coderings-algorimen. Welke decodering gebruikt wordt, is uit het soort kabels niet af te leiden. Deze gegevens kunnen alleen terug gevonden worden in de technische specificaties van de interface-kaart en van de harde schijf.

In de volgende paragrafen wordt een kort overzicht gegeven van de eigenschappen van deze (de)coderingstechnieken.

MFM-codering

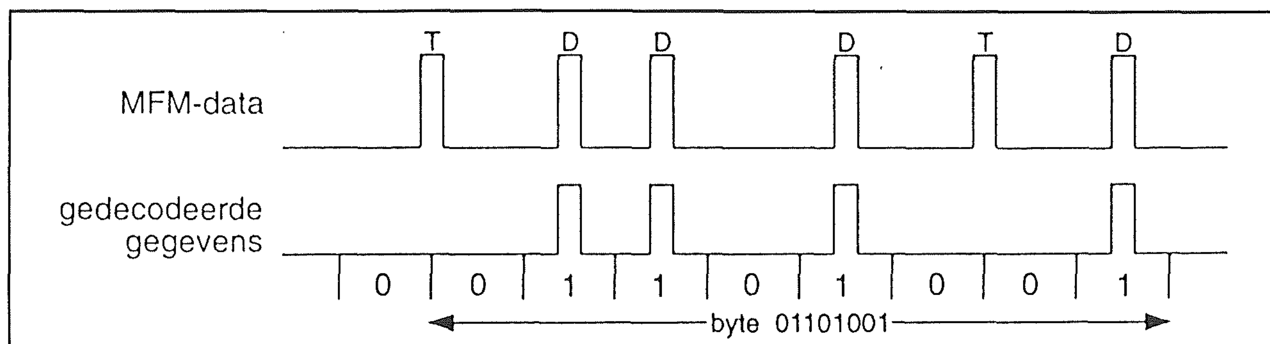
MFM is de afkorting voor "Modified Frequency Modulation". Deze techniek wordt veel in de telecommunicatie toegepast en is de simpelste vorm van (de)codering. Deze eenvoud heeft echter een groot nadeel en dat is de grote bewerkelijkheid van de data.

Dit betekent dus eveneens dat er relatief veel tijd voor nodig is om de correcte datastroom te achterhalen. In het kort komt het er op neer, dat niet alleen de hoge data-bits als magnetische impuls op de harde schijf worden geregistreerd, maar ook sommige clock-bits. Een clockbit wordt echter alleen geschreven als de data-bits gedurende de vorige en de huidige clock-periode allebei "L" zijn. In figuur 6/10.21-12 is als voorbeeld getekend hoe een byte "0-1-1-0-1-0-0-1" onder de vorm van MFM-decodering op het oppervlak van de harde schijf wordt geschreven.

RLL-codering

De tweede (de)coderingstechniek is de RLL-techniek. RLL staat voor "Run Length Limited". Dit betekent dat er een maximum gebonden is aan het aantal nullen en enen dat in de magnetische datastroom mag bestaan. Dit impliceert dus een grotere complexiteit, maar daar staat tegenover dat er veel minder redundantie nodig is om dezelfde data over te brengen als bij de MFM-techniek en dat deze dus sneller is. Bij de meest gebruikte RLL-codering zitten er minimaal twee en maximaal zeven 0-bits tussen twee opeenvolgende 1-bits.

10.21 Connector-systemen voor harde schijven



Figuur 6/10.21-12: Het schrijven van de magnetische bits (boven) op het oppervlak van de harde schijf via de MFM-codering.

Vandaar dat de data-bits van de computer worden omgezet naar magnetische datastromen, die aan deze eis voldoen. Als voorbeeld wordt de RLL-codering van een aantal elektronische bit-volgorden weergegeven:

- elektronisch 0-0-0 wordt:
  magnetisch 0-0-0-1-0-0
- elektronisch 1-0 wordt:
  magnetisch 0-1-0-0
- elektronisch 0-0-1-0 wordt:
  magnetisch 0-0-1-0-0-1-0-0
- elektronisch 1-1 wordt:
  magnetisch 1-0-0-0
- elektronisch 0-1-1 wordt:
  magnetisch 0-0-0-0-1-0-0-0

Bij de RLL techniek kan men vaak kiezen uit een aantal verschillende mogelijkheden. Het gegeven voorbeeld werkt volgens de RLL-2,7 codering. Andere schema's zijn RLL-1,7 en RLL-3,9. Een feit is echter dat men zeer goed in de gaten moet houden welke techniek men kiest. Vervolgens dient men hier een (de)coderings schema op te stellen.

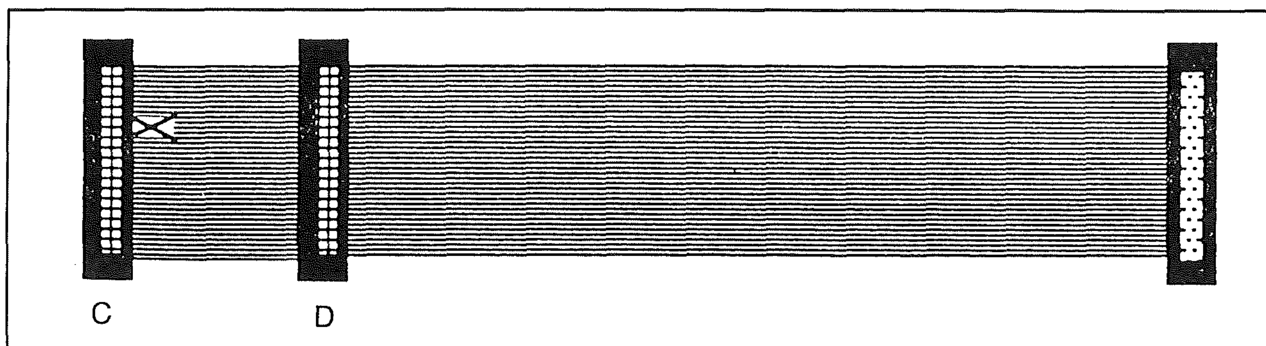
NRZ-codering
De laatste techniek is een buitenbeentje en wordt meestal alleen maar gebruikt bij de ESDI-interface. NRZ staat voor "Non Return to Zero" en dit betekent dat het signaal niet verandert als meerdere keren het logisch niveau een of nul achter elkaar in het signaal voorkomt, maar wél verandert als er een verandering van het logische signaal optreedt.
Deze techniek is vrij efficiënt, maar kan problemen opleveren als er lange tijd geen wisseling van het logische niveau in het signaal is.

Installeren van een tweede harde schijf

Inleiding
Wil men een tweede harde schijf in een bestaand systeem inbouwen, dan moet men uiteraard weten welke interface gebruikt wordt. Aan de hand van de beschrijving van de kabels in dit hoofdstuk zal dit in de meeste gevallen niet al te veel problemen geven.

Waarschuwing
Niet alle fabrikanten van harde schijven en controllers bouwen hun systemen echter precies gelijk. Omdat het beschadigen van een harde schijf tijdens de installatie mogelijk is, is het van belang van zowel de disk als de controller een handleiding te hebben.

10.21 Connector-systemen voor harde schijven



Figuur 6/10.21-13: De standaard kabel tussen de interface-kaart en de twee harde schijven.

Daarin opgenomen aanwijzingen gaan altijd voor aanwijzingen in dit hoofdstuk!

Kabels

Allereerst heeft men een harde schijf nodig met de juiste bekabeling. Deze worden meestal apart verkocht. Een harde schijf is meestal met twee platte kabels en een voedingskabel met de rest van de PC verbonden. Deze kabels moeten op de juiste manier worden aangesloten. Daarom heeft een van de buitenste draden een afwijkende kleur (meestal rood of blauw). Daarnaast is vaak op de connector een inkeping gemaakt of een nummer geplaatst om het onderscheid te maken. Deze nummering of een andere aanduiding staat ook op de controller en de harde schijf vermeld. Aangezien dit niet bij alle apparaten het geval is, is het verstandig bij het losmaken van een kabel te onthouden hoe deze op de connector was bevestigd.

Harde schijven aansluiten

In figuur 6/10.21-13 is een standaard kabel voor het aansluiten van harde schijven getekend. Let op de gekruiste aders bij de C-connector! De eerste harde schijf (C:) moet aan de laatste connector (uiteinde) op de kabel worden aangesloten. Als de kabel op het einde gekruist is moet de drive-select jumper/switch op 1 gezet worden. Na het aansluiten van de smalle kabel en de voeding kan de machine gestart worden voor de formatteer-procedure.
De tweede harde schijf (D:) moet aan de eerste aansluiting van de brede kabel worden gekoppeld.

Onderscheiden drives

Om voor de hard disk controller onderscheid te maken tussen de twee disks moet nog op enkele dingen gelet worden.

- TRP, Terminal Resistor Pack
  Dit is een dipswitch of kleine langwerpige stekker op de printplaat onderop de disk. De regel is dat alleen aan de laatste disk op de brede kabel in het systeem een dergelijke TRP mag zitten. Van de andere disk moet de TRP dus worden verwijderd of omgeschakeld. Als een schijf geen TRP heeft (zie de handleiding) hoeft men niets te doen.
- Drive select
  Dit is een brugje of dipswitch, meestal in de buurt van de kabelaansluitingen. De regel is hier dat de eerste schijf in het systeem (dit is de laatste op de kabel!) op drive select 0 moet staan en de tweede op drive select 1.
- Gedraaide kabel
  Tussen de twee aansluitingen op de brede kabel zijn vaak 7 draden gekruist aangesloten. Als dit het geval is moeten beide disks op drive select 1 worden

10.21 Connector-systemen voor harde schijven

ingesteld. Dit is over het algemeen de tweede drive select positie.
Deze regels gelden ook voor RLL-drives. De SCSI-interface wijkt nogal sterk af van het ST-506 systeem en heeft een geheel eigen installatieprogramma. De kaart is met een 50-polige kabel aan de schijf bevestigd. Ook hier mag alleen de laatste harde schijf een TRP hebben (bij SCSI-disks zijn dit er drie).

Formattering van de schijf
Een harde schijf moet, voor gebruik, eerst ingedeeld worden. Vóór het gewone formatteren (DOS FORMAT-commando) heeft de schijf al met een ander programma een zogenaamd low-level format gehad. Dit is meestal door de fabrikant al op de harde schijf aangebracht. Dat is voor het systeem voldoende om een drive te herkennen. Men kan dus vanaf de A: prompt C: intoetsen. IBM en Microsoft leveren bij het DOS-besturingssysteem geen programma om een low-level format uit te voeren. Dit moet gebeuren met programma's als "Speedstor" en "Disk Manager". Bij een low-level format wordt ook een "bad track" tabel aangemaakt waarin onbruikbare sectoren van de harde schijf van gebruik kunnen worden uitgesloten.

Interleave
Bij een low-level format moet men een interleave factor aangeven. Meestal doet het gebruikte programma een suggestie. De interleave factor is het aantal sectoren dat tussen opeenvolgende uitgelezen sectoren zit. Het probleem is dat wat de controller maximaal kan inlezen niet altijd ook verwerkt kan worden op die snelheid. Als er tien sectoren opeenvolgend worden uitgelezen zal de geheugen-buffer bij het inlezen van bijvoorbeeld de vijfde sector al vol zijn. Als nu tussen elke sector een sector boven de tien wordt benoemd, kan de controller telkens een sector wachten en zo voldoende tijd hebben om wat hij leest ook meteen te verwerken. Het kiezen van de juiste interleave factor heeft grote invloed op de disksnelheid. Bij een XT-systeem was meestal een interleave factor van 5 voldoende. Tussen uitgelezen sector 1 en uitgelezen sector 2 liggen dus vijf andere sectoren, die later worden gelezen. Bij een AT is dit aantal twee. Bij snelle 80386/486-systemen met een snelle controller kan een interleave van 1:1 bereikt worden.

Let op
De twee systeembestanden (IBMBIO.COM en IBMDOS.COM of MSDOS.SYS en IO.SYS) moet men altijd als eerste bestanden op een harde schijf plaatsen, wanneer van die disk gestart wordt (C:). Dit zorgt automatisch voor de tweede voorwaarde, namelijk dat deze bestanden niet versnipperd (over meerdere plaatsen verdeeld) op de disk mogen staan.

BIOS
Vóór een 80286-, 80386- of 80486-systeem een harde schijf herkent, moeten zijn specificaties eerst via een setup programma worden ingebracht in de ROM BIOS chip's. Dit programma kan op een diskette staan maar is tegenwoordig veelal in de ROM-chips ingebakken en wordt bij het starten van het systeem door toetscombinaties als CTRL-ALT-ESC, CTRL-ALT-S of de DEL-toets geactiveerd. Het drukken van deze combinaties is niet altijd nodig, omdat de machine de harde schijf wel waarneemt maar niet herkent. Het setup programma zal dan automatisch opstarten. In het programma moet men een typenummer van de disk invullen. Deze

10.21 Connector-systemen voor harde schijven

nummers geven een aantal mogelijke kenmerken (aantal koppen, etc.) van een disk aan. De specificaties in de tabel moeten corresponderen met de specificaties van de disk. Dit geldt vooral voor het aantal koppen en cilinders. De nieuwste setup programma's bieden de mogelijkheid zélf bij een nog open nummer specificaties op te geven. Is dit niet het geval en staat de harde schijf niet in de lijst dan moet een programma als “Speedstor” of “Disk Manager” dit onderdeel van de installatie overnemen en de disk met een stuurbestand aansturen.

Perstor
Perstor-controllers hebben standaard een BIOS op de kaart. Hierbij is de bedoeling in de gewone setup aan te geven dat er helemaal geen harde schijven in het systeem voorkomen. Omdat het systeem toch een schijf waarneemt wordt verder gezocht en komt het systeem uiteindelijk bij het BIOS van de Perstor-kaart terecht. Programma's als “Speedstor” kunnen, in tegenstelling tot RLL-controllers, niet met deze controller overweg.

Partitioneren
Na een low-level format kan een disk in meerdere partities worden onderverdeeld. Over het algemeen kan hiervoor het DOS FDISK-commando gebruikt worden. De startpartitie heet de primary partitie. De overgebleven MB's op de schijf zitten in een extended partitie. Deze extended partitie is op haar beurt weer onder te verdelen in meerdere logische drives.

Drive letters
De C: drive is altijd de eerste of enige partitie van de eerste harde schijf (laatste op de kabel). Heeft men die disk in twee of meer stukken (partities) verdeeld met “Speedstor” of het DOS FDISK-commando, dan wordt de tweede partitie drive D:.
Bij het inbouwen van een tweede harde schijf krijgt die de eerstvolgende vrije letter toegewezen. Als deze disk al is geformatteerd bestaat de kans dat de eerste of enige partitie op die disk bootable gemaakt is. Dit kan men met FDISK of een ander programma zien. In dit geval moet die partitie verwijderd worden en opnieuw worden aangemaakt als niet-bootable. Soms moet men hiervoor een nieuw low-level format uitvoeren. Gebeurt dit niet dan zal de driveletter D: niet meer de tweede partitie op de eerste disk zijn maar de eerste partitie op de tweede disk. De tweede drive op de eerste disk krijgt dan driveletter E: toegekend. Bij het formatteren van de tweede disk kan men dus per ongeluk de tweede partitie van de eerste schijf formatteren.
Na het partitioneren moet het systeem opnieuw gestart worden om de aangebrachte informatie te kunnen lezen. Vervolgens kunnen een voor een de partities worden geformatteerd.
Gebruik FORMAT /S voor een eventuele bootpartitie.